Ref 8/B

ORGANISATION EUROPÉENNE ET MÉDITERRANÉENNE
POUR LA PROTECTION DES PLANTES

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN
PLANT PROTECTION ORGANISATION

★

RAPPORT

du Groupe de travail pour l'étude des

NORMES DE FUMIGATION

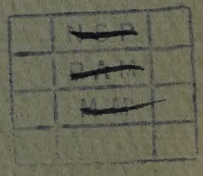
(Londres, 7-10 février 1961)

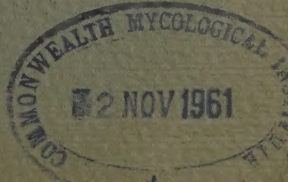
REPORT

of the Working Party on

FUMIGATION STANDARDS

Octobre 1961
PARIS
142, avenue des Champs-Élysées





RAPPORT

du Groupe de travail pour l'étude des normes de fumigation

(Londres, 7-10 février 1961)

REPORT

of the Working Party on Fumigation Standards

La publication du présent rapport a été approuvée par le Comité exécutif de l'Organisation (août 1961).

Publication of this report has been approved by the Executive Committee of the Organisation (August 1961).

ORGANISATION EUROPÉENNE ET MÉDITERRANÉENNE POUR LA PROTECTION DES PLANTES

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANISATION

PARIS

Groupe de travail pour l'étude des normes de fumigation

Working Party on Fumigation Standards

(Londres, 7-10 février 1961)

MEMBRES — MEMBERS

MM. C. R. B. BAKER	*Laboratoire phytopathologique du Ministère de l'agriculture,* Harpenden (Angleterre).
G. BESTAGNO	*Observatoire phytopathologique,* San Remo (Italie).
J. BRUNETEAU	*Service de la protection des végétaux,* Bordeaux (France).
W. BURNS BROWN	*Laboratoire de lutte contre l'infestation, Conseil des recherches agricoles,* Slough (Angleterre).
V. CZIELEISZKI	*Ministère de l'agriculture,* Budapest (Hongrie).
W. FREY	*Institut fédéral de biologie agricole,* Berlin-Dahlem (Allemagne).
F. G. LYSYTSIN	*Ministère de l'agriculture,* Léningrad (Union soviétique).
H. A. U. MONRO	*Département de l'agriculture,* London, Ont. (Canada).
A. B. P. PAGE	*Collège impérial de science et de technologie,* Sunninghill (Angleterre).
P. H. VAN DE POL	*Service de la protection des végétaux,* Wageningen (Pays-Bas).
H. RAUSCHER	Francfort s/Main (Allemagne occidentale).
E. E. TURTLE	*Division de lutte contre l'infestation, Ministère de l'agriculture,* Tolworth (Angleterre).

Organisations internationales :

MM. T. DOBROVSKY	*FAO,* Rome.
P. NEERGARD	*ISTA,* Copenhague.

Observateurs :

MM. G. S. COTTERELL	*Commission phytosanitaire interafricaine,* Londres.
W. F. DARKE	*Section phytosanitaire, Ministère de l'agriculture,* Londres.
K. G. GOSTICK	*Laboratoire phytopathologique du Ministère de l'agriculture,* Harpenden.
C. F. LUBATTI	*Collège impérial de science et de technologie,* Sunninghill.
D. W. WILLIAMS	*Département de l'agriculture,* Edimbourg.
F. N. WRIGHT	*Laboratoire de lutte contre l'infestation, Conseil des recherches agricoles,* Slough.

OEPP :

MM. I. GRANHALL	*Directeur général, Président du Groupe de travail.*
L. W. D. CAUDRI	*Directeur scientifique.*

TABLE

Page

MEMBRES DU GROUPE DE TRAVAIL 2

RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL ET RECOMMANDATIONS 6

ANNEXE I : *PRINCIPES SCIENTIFIQUES DE LA FUMIGATION* (H.A.U. MONRO) 20

ANNEXE II : *LES TRAITEMENTS PAR LES GAZ : NÉCESSITÉ D'UNIFORMISER LEUR DESCRIPTION ET EXIGENCES AUXQUELLES ILS DOIVENT SATISFAIRE* (A.B.P. PAGE) 26

ANNEXE III : *PROBLÈMES PARTICULIERS INHÉRENTS AUX CARACTÉRISTIQUES DE LA CHAMBRE DE FUMIGATION. RÔLE DU MATÉRIEL D'EMBALLAGE ET DE LA TERRE* (P. H. van de POL) 30

ANNEXE IV : *MATÉRIEL EMPLOYÉ POUR LA FUMIGATION AVEC DIFFÉRENTS FUMIGANTS TANT EN CELLULE QUE SOUS BACHE ÉTANCHE. CONDITIONS MINIMA POUR BÂCHES ET CELLULES* (A.B.P. PAGE) 34

CONTENTS

Page

MEMBERS OF THE WORKING PARTY 2

REPORT OF THE WORKING PARTY AND RECOMMENDATIONS 7

APPENDIX I : *THE SCIENTIFIC PRINCIPLES OF FUMIGATION* (H.A.U. MONRO) 21

APPENDIX II : *THE NEED FOR UNIFORMITY IN THE DESCRIPTION OF GAS TREATMENTS AND THE REQUIREMENTS THEY SHOULD MEET* (A.B.P. PAGE) 27

APPENDIX III : *SPECIFIC PROBLEMS RELATED TO THE PROPERTIES OF THE FUMIGATION CHAMBER. THE INFLUENCE OF PACKING MATERIALS AND SOIL* (P.H. van de POL) 31

APPENDIX IV : *EQUIPMENT EMPLOYED FOR FUMIGATION WITH DIFFERENT FUMIGANTS BOTH IN CHAMBERS AND UNDER GASPROOF SHEETS. MINIMUM REQUIREMENTS FOR SHEETS AND CHAMBERS* (A.B.P. PAGE) 35

ORGANISATION EUROPÉENNE ET MÉDITERRANÉENNE POUR LA PROTECTION DES PLANTES

Groupe de travail pour l'étude des normes de fumigation

Londres, 7-10 février 1961

RAPPORT

AU COMITÉ EXÉCUTIF

1. Le deuxième rapport du Groupe de travail de l'OEPP pour l'étude de la réglementation phytosanitaire, publié en 1957, appelait l'attention sur la nécessité d'élaborer des méthodes de fumigation normalisées susceptibles d'être recommandées en vue des échanges internationaux de végétaux et produits végétaux. Les paragraphes 8 et 9 de ce rapport étaient ainsi conçus :

Fumigation des végétaux et produits végétaux

Pour assurer la désinfestation des végétaux et produits végétaux — la destruction, par exemple, du pou de San José — les traitements par fumigation sont de plus en plus largement employés. Nombreux sont les États qui exigent, à l'importation de tels et tels produits, leur fumigation préalable dans le pays d'exportation ; la description du procédé de désinfection employé est même prévue dans le Certificat phytosanitaire modèle figurant en annexe à la Convention internationale de 1951 pour la protection des végétaux et adopté par la plupart des États membres de l'OEPP. Or, il est rare que la réglementation du pays importateur indique la nature exacte du traitement à appliquer par l'exportateur ; il arrive que des envois soient refoulés au point d'entrée parce que le pays importateur estime insuffisant le traitement appliqué, tel qu'il se trouve décrit dans le Certificat phytosanitaire modèle accompagnant l'envoi. Le Royaume-Uni, lors d'une récente modification de ses règlements à l'importation, a tenu à préciser la nature du traitement imposé, facilitant ainsi de manière appréciable la tâche des exportateurs intéressés. Il serait particulièrement utile que suivant ce précédent, d'autres pays importateurs dont la réglementation prévoit la fumigation obligatoire dans le pays d'exportation fissent connaître eux aussi la nature exacte du traitement à appliquer.

Le travail des divers services de la protection des végétaux gagnerait encore davantage en simplicité par la normalisation des procédés de fumigation. La documentation technique à ce sujet est déjà des plus abondantes, et nous avons consulté un certain nombre des spécialistes de la question dans les pays représentés au Groupe de travail, afin de déterminer dans quelle mesure il serait possible de se mettre d'accord sur les normes à adopter. Les réponses reçues indiquent que nous sommes encore loin du but. Aussi estimons-nous que la question mérite d'être étudiée en commun par un groupe de spécialistes, qui auraient en particulier à se prononcer sur les avantages respectifs de la fumigation à la pression atmosphérique et de la fumigation sous vide. Nous espérons que l'OEPP sera en mesure de faciliter une telle réunion, étant bien entendu que le contact nécessaire sera maintenu avec la FAO, puisqu'il s'agit d'un problème d'intérêt mondial.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANISATION

Working Party on Fumigation Standards

London, February 7-10, 1961

REPORT

TO THE EXECUTIVE COMMITTEE

1. The second report of the EPPO Working Party on Phytosanitary Regulations, published in 1957, drew attention to the need for standardised fumigation methods to be recommended for consignments of plants and plant products in international trade. Paragraphs 8 and 9 of that report read as ollows :

Fumigation of Plants and Plant Products

The practice of fumigating plants and plant products to kill noxious pests, such as the San José scale, is widespread and increasing. Many countries require that specified imported produce must be so treated by the country of export, and the model phytosanitary certificate attached to the International Plant Protection Convention, 1951, which has been adopted by the majority of EPPO member governments, includes a section for describing the method of disinfection carried out. It is unusual for an importing country to prescribe the precise method to be adopted by the exporter, and cases have occurred of produce being refused admittance because the method as described in the Model Certificate was not considered satisfactory by the country of import. In the recent revision of its Importation of Plants Order, the British government precised the method to be adopted and this has been very helpful to exporters of produce to that country. It would be a great advantage if other importing countries which rely on fumigation being carried out in the country of export would follow this example, and specify the method or methods to be adopted.

The work of plant protection services would be still further simplified if fumigation methods were standardised. A large body of technical information on the subject is already available, and we consulted a number of fumigation specialists in the countries represented on the Working Party, to see how far it might be possible to secure agreement on standard methods. The replies received show that standardisation is still a long way off, and we feel that the subject calls for group discussion by a number of specialists, and that in particular the merits of fumigation at atmospheric pressure as opposed to fumigation in vacuo *should receive attention. We hope that EPPO will be able to facilitate the convening of such a conference, and that close contact will be maintained with FAO, since the question is of world interest.*

2. La réunion d'un tel groupe a néanmoins été retardée pour plusieurs raisons. Les principes scientifiques fondamentaux de la fumigation n'ont pas été suffisamment approfondis et demeurent mal connus, ce qui explique sans doute dans une certaine mesure la diversité d'opinion sur les mérites de tel ou tel système en usage. Les méthodes de fumigation ont souvent été décrites d'une manière insuffisamment détaillée pour qu'on puisse déterminer si le ravageur a été effectivement détruit ou si les denrées végétales soumises au traitement ont subi des effets nuisibles. En fait, on estimait encore prématuré de porter la discussion sur le plan international. Des progrès ayant néanmoins été accomplis dans plusieurs pays sur le plan pratique aussi bien que théorique, nous avons été réunis en groupe de travail à Londres du 7 au 10 février 1961, période où le Dr H.A.U. MONRO a pu nous faire bénéficier de son concours ; nous sommes reconnaissants à la FAO de nous avoir communiqué avant publication le très complet manuel de fumigation contre les insectes rédigé par le Dr MONRO pour cette Organisation. *

3. L'OEPP nous avait donné pour mandat — en nous laissant toute latitude pour l'élargir si nous l'estimions opportun —

> *d'étudier les principes fondamentaux de la fumigation en vue de définir un ensemble de normes de fumigation relatives aux plantes vivantes, aux fleurs et semences, racines, tubercules et rhizomes, susceptibles d'être recommandées aux fins d'adoption par tous les pays.*

Du point de vue technique, il est de toute évidence difficile d'étudier indépendamment la fumigation de ces produits en ne se référant aucunement aux denrées stockées, puisque c'est dans le domaine des denrées stockées que la majeure partie des connaissances techniques appliquées dans le traitement des plantes vivantes a été acquise. En fait, il existe déjà une grande documentation dans ce domaine et des échanges de vues ont déjà eu lieu à maintes reprises à l'échelle internationale, mais à notre connaissance, notre réunion était la première à examiner la fumigation du « matériel de quarantaine » sur le plan international. Il existe effectivement certaines différences bien marquées, notamment du point de vue de l'inspection des importations. Les denrées stockées sont habituellement soumises à la fumigation en plus grosses quantités et en vue de ramener à un niveau économique acceptable l'incidence de ravageurs déjà assez largement répandus. Les plantes vivantes, etc., en revanche, sont d'une part traitées généralement en quantités beaucoup plus faibles, et doivent parfois l'être contre des ravageurs non encore introduits dans le pays importateur et à l'égard desquels les autorités phytosanitaires peuvent éventuellement désirer imposer des règles plus sévères. Après discussion, nous avons en conséquence décidé de nous en tenir au mandat qui nous était assigné ; nos discussions n'ont donc pas porté sur la fumigation en général, mais au premier chef sur les problèmes spécifiques soulevés par le traitement des plantes vivantes, des fleurs, des semences, etc.

4. Quatre exposés préliminaires nous ont été présentés, dont on lira le texte aux Annexes au présent rapport. Ils traitaient des questions suivantes :

Annexe I

Principes scientifiques de la fumigation. (Dr H.A.U. MONRO, Canada.)

Annexe II

Les traitements par les gaz : nécessité d'uniformiser leur description et exigences auxquelles ils doivent satisfaire. (Dr A.B.P. PAGE, Angleterre.)

(*) Ce manuel sera publié vers la fin de 1961. Il sera en vente à la FAO à Rome, et chez tous les dépositaires.

2. The convening of such a meeting has, however, been delayed for several reasons. The fundamental scientific principles of fumigation are insufficiently investigated and known, and this fact is no doubt in some measure responsible for the diversity of opinion about the merits of the different methods employed in practice. Fumigation schedules have often been stated without sufficient details for determining whether the pest has been effectively destroyed or for judging whether adverse effects may have been obtained on the plant material. The time had not in fact been considered ripe for international discussions. Progress having, however, been made in several countries on both the theoretical and practical levels, we were convened as a Working Party in London from February 7 to 10, 1961, when it was possible for Dr H.A.U. MONRO of Canada to assist us in our deliberations. We were grateful to FAO for making available to us advance copies of the very comprehensive *Manual of Fumigation for Insect Control* which Dr MONRO had just prepared for that Organisation.*

3. The terms of reference given to us, with discretion to extend them if we felt desirable, were as follows :

> *To discuss the basic principles of fumigation with a view to the formulation of a series of fumigation standards in regard to living plants, flowers and seeds, roots, tubers and corms, which could be recommended for international adoption.*

From the technical point of view, it is of course difficult to discuss fumigation of these products as a separate entity, excluding all reference to stored products, much of the technical knowledge applied in the treatment of living plants having been gained in the field of stored products. A great body of information does, in fact, already exist in that respect, and there have been international discussions on numerous occasions, but as far as we were aware, this was the first international meeting to discuss fumigation of " quarantine material ". Certain well-defined differences do exist, especially from the point of view of import inspection. Stored products are usually fumigated in larger bulk and with the objective of reducing to an economically acceptable level infestation by pests which are already rather widely distributed. Living plants, etc. on the other hand, apart from usually being handled in far smaller quantities, may have to be treated against pests which do not already occur in the importing country and in regard to which the responsible plant protection authorities might wish to set more severe requirements. After discussion we therefore decided to maintain the original terms of reference given to us, as a result of which our discussions were not concerned with fumigation in general, but primarily with the specific problems encountered with living plants, flowers, seeds, etc.

4. Introductory papers were read on the following aspects, and are reproduced as Appendices I, II, III and IV to this report :

Appendix I

The scientific principles of fumigation. (Dr H.A.U. MONRO, Canada.)

Appendix II

The need for uniformity in the description of gas treatments and the requirements they should meet. (Dr A.B.P. PAGE, England.)

(*) Publication of this manual is expected towards the end of 1961. Copies will be on sale at the FAO and at all FAO sales agencies.

Annexe III

Problèmes particuliers inhérents aux caractéristiques de la chambre de fumigation. Rôle du matériel d'emballage et de la terre. (M. P.H. VAN DE POL, Pays-Bas.)

Annexe IV

Matériel employé pour la fumigation avec différents fumigants tant en cellule que sous bâche étanche. Conditions minima pour bâches et cellules. (Dr A.B.P. PAGE, Angleterre.)

5. Nous voulons éviter d'alourdir le présent rapport par le compte rendu détaillé de la discussion qui a fait suite à chacune de ces communications. On trouvera en revanche dans les paragraphes 6 à 12 ci-après quelques détails sur nos avis motivés sur les aspects qui nous sont apparus d'une importance particulière.

6. *Définitions*

Fumigant

On appelle fumigant un produit pesticide dont on peut assurer, sous forme de gaz, la diffusion dans l'espace et la pénétration dans les marchandises, et dont l'action sur un ennemi donné s'exerce en règle générale sous cette forme.

Matériel fumigant

On appelle matériel fumigant la substance solide ou liquide à partir de laquelle un fumigant est obtenu par évaporation ou par réaction chimique.

Spécifications

Dans les spécifications ou protocoles de fumigation il convient, en règle générale, de se référer au fumigant à employer, non au matériel fumigant correspondant.

7. *Avantages de la description en produits CT (Concentration x Temps)*

Les produits CT (exprimés, en règle générale, en mg de fumigant par litre d'air × nombre d'heures) ont pour base de nombreuses mesures de concentrations gazeuses réelles prises en différents points de l'enceinte de fumigation. Ils donnent par conséquent une idée juste de la quantité de fumigant agissant sur tel ou tel ravageur. Il n'en est pas toujours ainsi lorsqu'un traitement est décrit en doses initiales de fumigant, car c'est seulement dans des conditions idéales que cette dose, ou tout au moins une fraction prévisible de celle-ci, demeure présente pendant toute la durée du traitement. Il faut toujours compter avec un certain nombre de variables (sorption par la cellule, les denrées à fumiger, le matériel d'emballage ; déperditions de fumigant ; mode de chargement, etc.) susceptibles d'affecter différemment la concentration selon les conditions locales de température et d'humidité, le taux réel de concentration du fumigant devenant alors une inconnue.

Il est possible de remédier à ces inconvénients en prenant pour base les produits CT. A présent que l'on peut se procurer des dispositifs qui permettent de mesurer instantanément les concentrations gazeuses en cours de traitement, il est devenu possible de définir les principales caractéristiques de tout traitement efficace susceptible d'être répété ultérieurement et adapté aux conditions de la fumigation à effectuer.

Le produit CT d'un traitement se calcule en traçant avec le temps en abscisse la courbe formée par les chiffres résultant d'un certain nombre de mesures de la concentration et en définissant la zone située au-dessous de la courbe, qu'on exprime en unités adéquates. Pour mesurer les concentrations (ou prélever des échantillons aux fins d'analyse comme dans le cas du HCN) on peut choisir les endroits de telle sorte qu'ils révèlent la teneur en gaz actif des espaces libres compris dans les tas de marchandises ou même à l'intérieur des différents paquets, c'est-à-dire à l'endroit même où se trouve le ravageur

Appendix III

Specific problems related to the properties of the fumigation chamber. The influence of packing materials and soil. (Ir P.H. VAN DE POL, Netherlands.)

Appendix IV

Equipment employed for fumigation with different fumigants both in chambers and under gasproof sheets. Minimum requirements for sheets and chambers. (Dr A.B.P. PAGE, England.)

5. It is not our intention to burden this report with a full account of the discussion which followed the reading of these papers. In paragraphs 6 - 12 below, however, we give some detail of our agreed views on features which appeared to us of especial importance.

6. *Definitions*

Fumigant

A fumigant is a pesticide which can be distributed through spaces and materials as a gas and which, to achieve control, normally reaches a given pest organism in this form.

Fumigant material

A fumigant material is a substance in solid or liquid form from which a fumigant is evolved either by evaporation or by chemical reaction.

Specifications

Specifications (or schedules) for fumigations should normally be stated in terms of the fumigant to be applied, not of the " fumigant material ".

7. *Advantages of Description in Terms of a CT (Concentration x Time) Product*

CT products (usually expressed in mg of fumigant per litre of air $\times$ number of hours) are based on the repeated measurement of the actual gas concentration at different places in the enclosure under fumigation. They therefore provide a realistic picture of the quantity of fumigant acting on the pest. This is not always the case when a treatment is described in terms of the initial dose of fumigant, for it is only under ideal conditions that this dose, or at least a predictable proportion of it, remains throughout the time of exposure. There are always a number of variables (sorption by chamber, commodity, packing material, leakage, way of loading, etc.) which may affect the concentration according to local conditions of temperature and humidity and the actual concentration of fumigant becomes an unknown factor.

This is not so when CT products are taken as a basis. Now that adequate equipment for the immediate determination of gas concentrations during a treatment is becoming available, it is possible to lay down the major characteristics of any successful treatment, which can be reproduced on subsequent occasions and adjusted to suit the requirements of the fumigation in hand.

The CT product of a treatment is established by plotting on a time base the readings obtained in a series of measurements of concentration, determining the area under the curve, and expressing it in appropriate units. The places where the readings are taken (or where samples are taken for analysis as in the case of HCN) can be chosen in such a way as to reveal the amount of active gas in the interspaces in the interior of stowed commodities or even inside individual packages, i.e. where the pest to be controlled is actually present. In an ideal non-absorptive chamber, with a relatively even distribution

à détruire. Dans une cellule non absorbante idéale, où le mélange gazeux serait relativement bien réparti, ce facteur pourrait sembler moins important. Toutefois même dans ce cas, les mesures prises *in situ* donnent une meilleure garantie de la mortalité obtenue ; elles deviennent pratiquement indispensables quand il s'agit de traitements en magasin ou sous bâche. Bien que techniquement inférieures, ces enceintes rendent souvent de grands services, notamment en ce qui concerne les denrées stockées. Lorsqu'un traitement s'est révélé efficace (tant du point de vue de la mortalité obtenue que de l'absence de dégâts) on peut escompter le même effet biologique de traitements appliqués avec le même produit CT sur d'autres envois des mêmes marchandises. La souplesse du système permet d'autre part à l'opérateur de faire face de manière satisfaisante à des conditions différentes de la normale, par exemple lorsqu'il reçoit des marchandises inhabituelles ou courantes mais emballées de manière différente. Si les concentrations gazeuses mesurées sont exceptionnellement faibles ou fortes, il adaptera le traitement en conséquence, en augmentant ou diminuant la durée du traitement tout en conservant le même effet biologique.

8. *Possibilités de détermination des produits CT*

Étant convenus que le produit CT constituait la seule base réellement scientifiquement fondée de la fumigation et qu'en conséquence, les traitements devraient être décrits en produits CT, nous avons examiné les possibilités d'application de recommandations en ce sens. Certes, nombreux sont les obstacles à surmonter, tout d'abord venant des particuliers ou organismes officiels qui auraient à décider des mérites techniques de tels ou tels traitements et à fixer les produits CT correspondants. Le nombre de « combinaisons « (denrée-ravageur-fumigant) ayant fait l'objet de travaux expérimentaux et pratiques suffisants pour déterminer avec précision des produits CT est encore très limité. La recherche du complément d'information nécessaire sera d'autant moins aisée que pour chaque denrée, il faut tenir compte de l'emplacement du ravageur pour définir l'endroit exact où le produit CT doit être atteint (par exemple, dans les intervalles libres, ou à l'intérieur des colis, des mottes de terre, des racines etc.). On pense toutefois que le réexamen sur la base des produits CT des données techniques connues mettra en lumière de nombreux points obscurs. Il restera certainement des lacunes à combler, mais c'est en en prenant conscience qu'on s'acheminera vers une solution satisfaisante des problèmes.

Pour se conformer aux règlements à élaborer, les pays exportateurs auront besoin d'équipement et de personnel dont certains ne disposent vraisemblablement pas encore. Ce problème n'est pas nouveau ; en effet, tels pays exportateurs disposent d'installations de fumigation insuffisantes ; dans tels autres, il n'en existe même pas du tout. Il irait de l'intérêt général que par l'adoption des produits CT un bon départ soit pris, jetant les bases satisfaisantes des activités ultérieures. Dans les pays où existent déjà de bonnes ou assez bonnes installations, les impératifs du produit CT imposeront de nouvelles tâches aux techniciens, dans la mesure où il faudra procéder à l'analyse d'un nombre plus élevé d'échantillons de gaz pendant la fumigation ; à cet égard, l'équipement moderne sera d'un grand secours. Il est exact que les compteurs de conductivité thermique donnant les chiffres désirés d'une façon rapide et sûre ont jusqu'à présent été principalement calibrés pour la mesure des concentrations de bromure de méthyle. Certaines difficultés techniques doivent être résolues pour adapter leur usage à d'autres fumigants, mais des graphiques de conversion ont déjà été établis pour certains d'entre eux. * On sait naturellement fort bien qu'il faudra un certain temps pour que s'effectue le passage à l'emploi des produits CT et pour que le matériel nécessaire soit réuni. Nous sommes donc convenus qu'à titre exceptionnel il pourrait être provisoirement acceptable, dans le cas de traitements ayant fait leurs preuves et appliqués dans des cellules excellentes et en bon état de fonctionnement, de préciser la dose initiale, le volume de la cellule, la répartition des marchandises dans la cellule, la durée du traitement, etc. Il a toutefois été souligné avec vigueur qu'il s'agissait là d'une mesure temporaire, en attendant que les traitements puissent être décrits de manière adéquate en produits CT, moment qu'il convenaitde hâter dans toute la mesure du possible.

(*) Les sachets de plastique contenant un liquide indiquant le produit CT à certains endroits déterminés ouvrent également de nouvelles possibilités. Voir Heseltine, H.K. & Royce, A. *Pest Technology*, 1960, **2**, N° 5, 88-91.

of the gas mixture, this point might seem to be of less importance. Even there, however, measurements *in situ* give a better guarantee of a satisfactory kill and such measurements are virtually indispensable in the case of treatments in warehouses or under sheets. Such enclosures, though less desirable from the technical point of view, do in practice often serve a useful purpose, especially for stored products. If a treatment has been found successful (both from the point of view of sufficient kill and of the absence of plant damage) the same biological effect can be expected from treatments of further consignments of that commodity in which the same CT product is applied. The flexibility of the system, however, enables the operator to deal adequetely with conditions which are not standard, e.g. when he receives unusual commodities or if normal commodities are packed in an unusual way. If the gas concentration is found to be unexpectedly low or high he will adjust the treatment by increasing or decreasing the time accordingly and will still obtain the same biological effect.

8. *Possibility of Determining CT Products*

Having agreed that the only really sound scientific basis for fumigations is a CT product, and that treatments should therefore be described in terms of such a value, we considered the possibilities of the implementation of recommendations to that end. There are certainly many obstacles to be overcome. They are first to be found on the side of those persons or official bodies who would have to decide on the technical merits of specific treatments and set the corresponding CT products. The number of " combinations " (commodity-pest-fumigant) for which experimental work and practical experience have been sufficient to set precise CT values is still very limited. The obtaining of the necessary additional information will be complicated by the fact that for every commodity the location of the pest must be taken into consideration to prescribe exactly where in a consignment (e.g. in the free interspace, or within packages, earth balls, plant roots, etc.) the required CT product must be reached. It is thought however that if the technical data already available are reviewed on the basis of CT products, much light will be thrown on the situation. Some gaps in knowledge will certainly persist, but awareness of them would be increased, and further study would lead to a solution.

In order to comply with the requirements to be elaborated, exporting countries will need equipment and personnel which is probably not yet available in some countries. This is no new problem, in fact in some exporting countries facilities for fumigation are inadequate or even non-existent ; it would be in the interest of all parties for the necessary start to be made on lines which will give a satisfactory basis to the work to be undertaken. In countries where good or fairly good installations exist, the CT product requirements will put a new burden on the technicians in so far as a greater number of gas samples will have to be analysed during the period of fumigation, but in this matter modern equipment will undoubtedly be of great help. It is true that thermal conductivity meters giving quick and reliable readings have so far been calibrated mainly for measuring concentrations of methyl bromide. Certain technical problems have to be solved for their use with other fumigants, but conversion graphs have already been worked out for some of them. * Nevertheless we appreciated that switching over to the use of CT products and acquiring the appropriate equipment might take some time. It was therefore agreed that for the time being it might exceptionally be acceptable if treatments carried out in first-class chambers in good running condition and known to be effective were described in terms of the initial dose, size and packing of the chamber, time of exposure, etc. It was however strongly emphasised that this should be regarded as a transitional measure only, awaiting the earliest possible moment that treatments could be properly characterised by CT products.

(*) The use of plastic sachets containing a liquid for indicating the CT product at selected places also gives new possibilities. See Heseltine, H. K. & Royce, A., *Pest Technology*, 1960, **2**, N° 5, 88-91.

9. *Les chambres et leurs spécifications*

Le Groupe de travail estime que l'effort international devra être orienté vers la définition de normes aussi uniformes que possible régissant la construction de chambres. Ce but pourrait être atteint notammnet par l'établissement de règles concernant l'étanchéité, c.-à-d. en définissant le pourcentage maximum autorisable de déperditions de fumigant. En ce qui concerne la sorption, les cellules employées pour les traitements de « quarantaine » pourraient être obligatoirement recouvertes de peinture à l'huile ou d'un revêtement analogue.

On estime de plus qu'en principe la fumigation avant expédition est susceptible d'empêcher les ravageurs d'endommager la marchandise pendant le transport et de se disséminer à l'arrivée. Ce traitement devrait donc être préféré au traitement à l'arrivée, mais tenter d'améliorer les normes de la fumigation dans les pays exportateurs en donnant des indications précises concernant les cellules pourrait revenir à prescrire certains types d'équipement impossibles à installer actuellement pour des raisons pratiques. En conséquence, il a été jugé qu'on se rapprocherait peut-être mieux du but à atteindre en soulignant que la base des traitements pratiqués dans les pays exportateurs doit être améliorée par de nombreuses et pertinentes déterminations. En règle générale, le pays importateur indiquerait le produit CT susceptible d'obtenir dans le traitement le degré d'efficacité qu'il accepte, mais il laisserait au pays exportateur le soin d'étudier le meilleur moyen de réaliser ce produit dans les conditions locales. La souplesse de ce système devrait avoir une grande importance pratique sur la mise au point d'un bon système de fumigation. En revanche, un équipement inadéquat ne donnera jamais de bons résultats et il conviendrait donc d'encourager vivement tous les pays à moderniser et améliorer sans cesse et dans toute la mesure du possible leurs dispositifs de fumigation.

10. *Fumigation à la pression atmosphérique et sous vide*

Nous avons étudié les problèmes spécifiques de la fumigation, tant à la pression atmosphérique que sous vide, mais nous n'avons pas jugé nécessaire de nous livrer à une comparaison détaillée de ces deux techniques. Il a été admis que pour les plantes vivantes, notamment avec des fumigants à pénétration rapide tels que le bromure de méthyle, les traitements sous vide n'étaient pas nécessaires, en règle générale, mais pourraient être indiqués dans certains cas (p. ex. pour la désinfection au HCN des mottes de terre enveloppant les racines). Peut-être faut-il y voir un autre avantage dans le fait que généralement le mélange gazeux peut être éliminé plus rapidement après une fumigation sous vide ; cette propriété peut éviter les effets d'après-fumigation de nature à endommager la marchandise. Il est à noter d'autre part que le fait de rétablir la pression normale après le traitement peut avoir pour effet de comprimer le gaz à l'intérieur des denrées traitées, et partant, d'augmenter proportionnellement la concentration. En règle générale, la fumigation sous vide est appliquée dans les ports et autres endroits recevant de grosses quantités de marchandises de type très uniforme et habituellement infestées par les mêmes ravageurs. Cette technique mécanisée permet alors de suivre une routine efficace mais il reste de nombreux problèmes à résoudre en ce qui concerne les plantes vivantes. Il a été souligné que les conclusions fondamentales auxquelles ont abouti nos travaux concernaient tant la pression atmosphérique que le vide et bien que la détermination des produits CT, etc., soit un peu plus délicate pour le vide, l'une et l'autre méthode seraient améliorées par l'adoption de ce système.

11. *Fumigation sous tente*

La fumigation sous tente pose un certain nombre de problèmes particuliers. La répartition uniforme du mélange gazeux est difficile à réaliser, sauf si les marchandises traitées ont une capacité de sorption relativement faible et si le matériel d'emballage ne fait pas écran à la pénétration des gaz. L'emploi de ventilateurs n'a pas résolu ce problème, puisqu'au contraire, il a été prouvé qu'il augmentait les déperditions de gaz. Il serait donc très souhaitable que de meilleurs dispositifs soient mis au point pour l'introduction du fumigant. Un certain nombre d'améliorations ont été apportées récemment à l'équipement de la fumigation sous tente ; elles permettent de bénéficier désormais d'une manière plus géné-

9. *Specifications of Chambers*

A plea was made for aiming in international work at the greatest possible uniformity of chambers. This could be reached *inter alia* by setting requirements as to their gas-tightness, for which a maximum permissible percentage of leakage should be determined. In regard to sorption, it might be demanded that chambers used for " quarantine " treatments be coated with oil paint or similar covering.

Furthermore, it was felt that in principle pre-shipment fumigation should prevent pests from causing damage during the voyage and also from spreading upon arrival. It should therefore be preferred to treatment at the receiving end, but an effort to improve the standards of fumigation in exporting countries by giving precise indications in regard to chambers might well amount to prescribing certain types of equipment which for practical reasons could not be installed at present. It was therefore felt that the same purpose might probably be better served by urging that the basis of treatments in exporting countries be improved by numerous and adequate determinations. Generally speaking, the importing country would state the CT value deemed to give the degree of control it would accept, but it would leave it to the exporting country to determine how this value could best be obtained under its local conditions. The flexibility of the system was expected to be of great practical importance for the development of good fumigation practice. On the other hand inadequate equipment will never yield satisfactory results and all countries should therefore be urged continuously to modernise and improve their fumigation facilities to the greatest possible extent.

10. *Fumigation at Atmospheric Pressure and in Vacuum*

Consideration was given to problems specific to fumigation at either atmospheric or reduced pressure, but we did not consider it necessary to go into a detailed comparison of the two techniques, it being agreed that for living plants, especially with readily penetrating fumigants such as methyl bromide, vacuum treatments are not generally necessary, although in some cases they might be desirable, for instance where rootballs have to be disinfected with HCN. Another advantage might be that after vacuum fumigation the gas mixture is usually more quickly eliminated and a post-fumigation effect which might cause plant injury would thus be avoided. On the other hand, restoring the pressure to normal after a treatment can result in a compression of the gas in the interior of the commodity and a proportional rise in concentration. In general vacuum fumigation is applied in ports and other places receiving large quantities of goods of a highly uniform type, and normally infested by the same pests. n these cases the mechanised character of the technique enables a useful routine to be followed, but or living plants many problems remain to be solved. It was stressed that the basic conclusions arrived at apply to both atmospheric pressure and vacuum, and although in the latter case the determination of CT products etc. is slightly more complicated, theoretically either method would be improved by adoption of that system.

11. *Fumigation under Sheets*

Fumigation under sheets poses a number of specific problems. An even distribution of the gas mixture is difficult to achieve unless the treated material is relatively non-sorptive and there is no interference from packing material. The use of fans has not solved this problem as they have been shown to increase the loss of gas by leakage. The development of better devices for the introduction of the fumigant would therefore be very desirable. There have been recent improvements in equipment for sheet fumigation and a more general use can now be made of its practical advantages, e.g. the mobility of the relatively simple equipment which enables commodities to be treated on the spot with a consequent

rale de ses avantages pratiques, c'est-à-dire de la mobilité de l'équipement relativement simple qui permet de traiter des denrées sur place, d'où économie de temps et d'argent. Les résultats sont toutefois moins prévisibles que pour la fumigation en cellule. Le besoin de connaissances de base suffisantes et en particulier de déterminations chimiques suffisantes au cours de l'opération s'applique donc particulièrement à la fumigation sous tente. En Grande-Bretagne, par exemple, on estime que la méthode est intéressante pour le traitement des envois importés de relativement peu de valeur (pommes de terre infestées par la teigne de la pomme de terre par exemple). La valeur des denrées mise à part, la question de savoir si la fumigation sous tente est suffisante pour l'exportation dépend, d'une façon générale, des ravageurs dont il s'agit et des conditions exigées par les pays importateurs. Certains peuvent exiger un pourcentage élevé de mortalité, bien que cela soit parfois difficile à vérifier lors d'une inspection-frontière ; d'autres, conscients de ce que sous leur propre climat, les faibles populations résiduelles ne présentent pas nécessairement un risque réel, pourraient accepter d'être plus tolérants. La principale question pratique est toutefois la différence fondamentale qui existe entre les fumigations courantes, destinées à ramener l'infestation à un niveau acceptable, et les traitements de « quarantaine », dirigés contre les ravageurs qui ne doivent absolument pas être introduits dans un pays donné. En ce qui concerne cette dernière catégorie, il convient de tenir compte du facteur humain. Il représente une importante source d'échecs même dans le cas de traitements très mécanisés et à plus forte raison dans le cas de fumigations sous bâche, souvent improvisées sur les lieux. Nous estimons qu'en ce qui concerne l'éventuelle introduction de ravageurs dans des pays où ils n'existent pas encore, aucun risque ne saurait être pris. Malgré les progrès techniques réalisés dans ce domaine, l'emploi de bâches étanches devrait donc être proscrit pour les fumigations de « quarantaine ».

12. *Certificats*

La nécessité d'améliorer la description des opérations de fumigation, évoquée à maintes reprises dans le présent rapport, provient de l'insuffisance des données telles qu'elles sont actuellement souvent présentées. Le certificat modèle de la FAO donne la possibilité d'ajouter une déclaration supplémentaire relative aux fumigations. Néanmoins, en l'état actuel des choses, les renseignements fournis le sont souvent d'une manière très incomplète. On cite des exemples où le nom même du fumigant n'est pas donné. Les pays importateurs sont trop souvent complètement ignorants du traitement qu'a subi l'envoi dans le pays exportateur. Nous avons en conséquence exprimé l'espoir qu'avant même que des instructions précises soient mises au point, les pays exportateurs devraient faire tout leur possible pour fournir le maximum de détails. Il a été admis que lorsque l'application des produits CT se sera généralisée, il sera possible, pour les fumigations de « quarantaine », de joindre au certificat un graphique ou un tableau indiquant les concentrations gazeuses mesurées. *

Recommandations

13. Nous avons énuméré ci-après les principes dont nous recommandons la reconnaissance par l'OEPP et dont il conviendrait de tenir compte dans l'établissement de méthodes de fumigation. Si ces principes étaient agréés, nous estimons qu'il serait possible de mettre au point des méthodes susceptibles d'être adoptées largement à l'échelon international.

a. Tout protocole doit être basé sur le produit CT approprié. La valeur du produit CT indiqué dans un protocole de fumigation doit s'appliquer à un ravageur donné présent dans un matériel végétal donné, fumigé dans des conditions déterminées. Cette valeur doit garantir que le ravageur est bien soumis à une concentration léthale du fumigant, quel que soit son emplacement dans les denrées fumigées.

(*) Voir Annexe I, Section F 1, dernière phrase.

saving of time and money. The results are however less predictable than when fumigation is carried out in chambers, and the need of sufficient background knowledge and in particular of sufficient chemical determinations during the operation applies especially to sheet fumigation. Great Britain, for example, has found the method useful for treating import consignments of relatively low value (such as potatoes infested by tuber moth). Apart from the value of the commodity, the question as to whether sheet fumigation is adequate for export purposes depends on the pests concerned and the requirements of the importing countries. A high percentage of kill, although probably difficult to check in a frontier inspection, may be demanded by some countries ; others, aware of the fact that in their particular climates small remaining populations need not necessarily present a real risk, might accept a lower standard. The main practical point, however, is the fundamental difference between routine fumigations carried out to reduce infestation to an acceptable level and " quarantine " treatments against pests which must not in any circumstances enter a country. For the latter category the human factor must not be overlooked. This is an important source of possible failure even in highly " mechanised " treatments and will count still more heavily in fumigations under sheets which are often improvised on the spot. We felt that in connection with the possible introduction of pests into countries where they do not already exist, no risk should be accepted. In spite of the technical progress achieved in this field the use of gasproof sheets for " quarantine " fumigations should therefore be condemned.

12. *Certificates*

The need for better description of fumigation operations repeatedly mentioned in this report is a result of the inadequacy of the data now often given. The FAO Model Certificate provides for the inclusion of an additional declaration in regard to fumigation. At present, however, the information given is frequently quite inadequate. Examples were given where not even the name of the fumigant was inserted. Too often the importing country remains completely in the dark as to what treatment the consignment has undergone in the exporting country. We therefore expressed the hope that even before precise instructions have been worked out, exporting countries would do their utmost to give as much detail as possible. It was agreed that when the application of CT products had become general it would be practicable in the case of " quarantine " fumigations to attach to the certificate a graph or recording chart of the measured gas concentrations.*

Recommendations

13. We have outlined the following principles which we recommend should be recognised by EPPO and which should be followed in drawing up fumigation schedules. If these principles are adopted we consider that it should be possible to draw up schedules which would be widely acceptable on an international scale.

a. Every schedule should be based on the appropriate CT product. The value of the CT product which appears in a schedule must apply to a specific pest occurring in a particular plant material fumigated under definite conditions. It must ensure that the pest concerned anywhere in the plant material is fumigated at a lethal concentration.

(*) Cf. Appendix I, section F 1, last sentence.

b. Les valeurs du produit CT léthal et du produit CT indiquées dans le protocole doivent être fondées sur une série d'expériences bien conçues où les déterminations ne se composent pas uniquement des concentrations de fumigant atteignant le ravageur à des endroits précis et convenant à des traitements pratiques, mais aussi du pourcentage de mortalité effectivement obtenu.

c. La précision requise pour un produit CT varie selon le cas, d'après la sensibilité du matériel végétal et le produit CT nécessaire à l'obtention de la mortalité voulue.

d. Il doit être tenu compte de tous les facteurs pertinents — biologiques, physiques et chimiques — dans la mise au point d'un protocole. Les conditions énumérées à l'Annexe II constituent une liste utile permettant de procéder à une sélection judicieuse.

e. Tout protocole doit préciser un produit CT au-delà duquel on peut craindre d'endommager les plantes ou de laisser des résidus indésirables.

f. Dans le cas où les traitements prescrits sont donnés à des fins de « quarantaine » où le but primordial à atteindre est d'obtenir la destruction complète du ravageur, la fumigation doit être effectuée dans des chambres suffisamment étanches équipées de manière à assurer dans de bonnes conditions l'introduction, la répartition et l'évacuation du fumigant.

g. A d'autres fins que celles précisées au point *f,* l'adoption des produits CT comme base de dosage permet d'employer d'autres enceintes, telles que magasins, allèges, et bâches étanches. Pour ces fumigations, les concentrations gazeuses doivent être déterminées et la dose et le temps d'exposition adaptés de manière à obtenir un produit CT se situant dans les limites des valeurs indiquées dans le protocole.

h. Une période de formation est essentielle pour étudier les méthodes de détermination des concentrations gazeuses afin d'éviter tous risques d'erreur dans les fumigations basées sur le produit CT. Les méthodes à employer varient d'un fumigant à l'autre et seront de temps à autre améliorées, tant du point de vue de la précision que de la commodité.

i. Tout protocole basé sur des résultats d'expériences devra être accompagné, chaque fois que celles-ci auront été publiées, de la référence à cette publication.

j. Lorsqu'on ne dispose pas encore de données adéquates sur les produits CT, on peut se fonder, à titre provisoire et exceptionnel, sur l'expérience pratique de fumigations effectuées en cellules suffisamment étanches aux gaz et non absorbantes.

14. Il était de toute évidence prématuré de tenter de recommander des normes spécifiques de fumigation dans le présent rapport, mais nous espérons que celui-ci contribuera dans une certaine mesure à faciliter la mise au point de normes précises. A cette fin nous recommandons que

a. tout protocole de fumigation considéré comme réunissant les conditions nécessaires aux fins d'adoption internationale soit communiqué au Directeur général de l'OEPP ;

b. l'OEPP crée un comité permanent auquel seront soumis ces protocoles pour examen scientifique ;

c. les protocoles approuvés par le Comité permanent devront être communiqués par l'OEPP à ses pays membres et à la FAO, et après un laps de temps suffisant rassemblés et publiés.

15. En conclusion, nous tenons à exprimer notre reconnaissance au Ministère anglais de l'agriculture pour la parfaite organisation matérielle de notre réunion.

Signé au nom du Groupe de travail :
INGVAR GRANHALL
(Président).

Juillet 1961.
142, avenue des Champs-Élysées, Paris.

b. The values of the lethal CT product and of the CT product prescribed in the schedule should be based on a well-designed series of fumigation experiments in which determinations are made not only of the concentrations of fumigant around the pest at prescribed locations relevant to practical treatments, but also of the percentage of kill actually obtained.

c. The precision required in prescribing a CT product would vary from instance to instance, depending on the susceptibility of the plant material and the CT product required to give effective control.

d. In preparing a schedule, all relevant conditions — biological, physical and chemical — must be included. The conditions mentioned in Appendix II constitute a useful list from which appropriate selection can be made.

e. Every schedule should state a CT product above which plant injury or objectionable residues may be expected.

f. When treatments prescribed in schedules are being given for plant quarantine, where the overriding objective must be to secure complete control of the pest, the fumigation must be carried out in sufficiently gastight chambers equipped to secure proper delivery, distribution and removal of the fumigant.

g. For purposes other than those referred to in point *f*, the adoption of CT products as the basis of dosage permits the use of other enclosures such as stores, barges and gasproof sheets. In such fumigations, gas concentrations must be determined and the dose and time adjusted so as to secure a CT product lying within the values prescribed in the schedule.

h. Training in methods of determining gas concentrations is essential in order to avoid any risk of error in fumigation based on the CT product. The methods to be used will vary from one fumigant to another and will be improved in accuracy or convenience from time to time.

i. Any schedule based on the results of experiments should be accompanied by a citation of the published report of the experiments, whenever available.

j. Where proper information on CT products is not yet available, temporary schedules may exceptionally be based on practical experience of fumigations in sufficiently gastight non-absorptive chambers.

14. It was evident that it was premature to attempt to recommend specific fumigation standards in this report, but we trust that the report will go some way to facilitating the formulation of precise fumigation standards, and we put forward the following recommendations for procedure towards that end :

a. that any fumigation schedules considered suitable for international adoption should be sent to the Director-General of EPPO ;

b. that EPPO should appoint a standing committee to which such schedules would be communicated for examination on a scientific basis ;

c. schedules approved by the Standing Committee should be communicated by EPPO to its member countries and to FAO, and after a suitable lapse of time grouped together and published.

15. In conclusion we wish to place on record our gratitude to the English Ministry of Agriculture, Fisheries and Food for the excellent organisation of our meeting.

Signed on behalf of the Working Party :

INGVAR GRANHALL

(Chairman).

July 1961.
142, avenue des Champs-Élysées, Paris.

ANNEXE I

Principes scientifiques de la fumigation

A. CHOIX DU FUMIGANT

Bien qu'on connaisse actuellement un grand nombre de produits chimiques volatils, très peu ont été reconnus utilisables comme fumigants. Nombreux sont ceux qui ne peuvent être employés en raison de leurs propriétés indésirables (instabilité, corrosion, graves dommages physiologiques infligés aux plantes, etc.).

Les risques d'explosion, l'inflammabilité et la haute toxicité pour l'homme ne sont pas nécessairement rédhibitoires, puisqu'elles peuvent souvent être neutralisées ou combattues par les techniques modernes.

En l'état actuel des choses, il est peu probable qu'un grand nombre de nouveaux fumigants soit prochainement découvert. Même si quelques composés semblent prometteurs (comme par exemple le fluorure de sulfuryle, que les fabricants ont trouvé efficace contre les termites) il faudra longtemps pour les mettre au point, étant donnés les nombreux facteurs à considérer.

B. COMPORTEMENT DES GAZ

1. *Propriétés générales*

Le comportement général des gaz, leur évaporation à partir de solides et de liquides et leur diffusion sont des phénomènes bien connus.

2. *Stratification*

Convenablement appliquées, les techniques modernes permettent d'éviter la stratification des gaz plus lourds que l'air dans l'espace soumis à la fumigation, car les dispositions nécessaires sont prises pour assurer la circulation et la diffusion des gaz. Il est vrai néanmoins que sous bâche et dans de vastes enceintes où il est parfois difficile d'obtenir une circulation satisfaisante des gaz, on peut rencontrer des difficultés dues à la stratification et à une mauvaise répartition des gaz.

3. *Ventilation après fumigation*

Sauf lorsqu'on désire un effet particulier d' « après-fumigation », il est souvent souhaitable de chasser les gaz des produits traités aussitôt après l'opération afin d'éviter les effets résiduels indésirables et les dangers de manipulation. Il est bon d'ajouter que, notamment en ce qui concerne les traitements de « quarantaine », c'est le résultat obtenu avant que les denrées quittent les lieux et échappent au contrôle qui doit compter ; l'effet d'après-fumigation est dans ce cas sans valeur, voire indésirable.

C. RÉACTION DES DENRÉES TRAITÉES

1. *Sorption*

Le phénomène de sorption des gaz par les solides est l'un des aspects les plus importants du processus de fumigation et il est fondamental de le connaître pour mener à bien n'importe quel traitement. Les généralisations sont dangereuses en ce domaine et il importe habituellement d'étudier soigneusement chaque combinaison fumigant/denrée en particulier. Les phénomènes de sorption sont étroitement liés aux conditions

APPENDIX I

The Scientific Principles of Fumigation

A. CHOICE OF FUMIGANT

Despite the large number of volatile chemicals known, very few have been found suitable for use as fumigants. Many cannot be used in practice on account of unfavourable properties (instability, corrosion, severe physiological effects on plant materials, etc.).

Tendency to explode or catch fire and high toxicity to man are properties which are not necessarily exclusive because they can often be overcome or controlled by modern techniques.

It cannot be expected that new fumigants will be discovered in the near future in any substantial number, and even if some new compounds seem to be promising (such as sulfuryl fluoride, which industry has found to give good control of termites), their development will be slow in view of the numerous aspects to be considered.

B. BEHAVIOUR OF GASES

1. *General Properties*

The general behaviour of gases including their evaporation from solids and liquids and their diffusion is well known.

2. *Stratification*

Stratification of gases heavier than air within the fumigation space is not likely to be encountered with modern techniques, when properly conducted, because adequate provision is made for circulation and distribution. Under sheets and in big structures, where it is sometimes difficult to obtain a satisfactory circulation of the gas, problems of stratification and poor distribution may be encountered.

3. *Post-fumigation Ventilation*

Unless a specific « post-fumigation » effect is required, it is often desirable to ensure that the gases are removed from the material as soon as possible after treatment to avoid undesirable after-effects and to aid safe handling. Especially in plant quarantine treatments the emphasis must be on the result obtained before the produce is released and escapes further control. In this case the post-fumigation effect is of no value and is even undesirable.

C. REACTION WITH MATERIALS

1. *Sorption*

The sorption of gases by solids is one of the most important aspects of the fumigation process and a knowledge of it in connection with any particular treatment is fundamental to the continued successful conduct of such a treatment. Generalisations on this subject are unsafe and usually the situation must be studied carefully for each particular combination of fumigant and commodity. Sorption phenomena are largely

thermiques. Ils influent non seulement sur la concentration gazeuse effective d'une cellule ou autre enceinte de fumigation, donc sur l'efficacité de l'opération, mais également sur le temps nécessaire à l'évacuation des gaz contenus dans les denrées traitées. Ils peuvent donc déterminer des risques pour les opérateurs, et des accidents se sont en effet produits dans des cas où ce facteur avait été sous-estimé.

2. *Résidus résultant des réactions chimiques*

Cet important aspect de la question l'est moins lorsqu'il s'agit de plantes vivantes, etc. Il concerne plus directement les produits destinés à la consommation humaine.

3. *Effets physiologiques*

Pour de nombreux produits végétaux, la réaction physiologique aux traitements par fumigation peut avoir une importance de premier plan. Ces effets peuvent se résumer comme suit :

PLANTS DE PÉPINIÈRE, PLANTES SUR PIED ET FLEURS COUPÉES

— Stimulation de la croissance ou de la floraison.
— Retard de la croissance ou de la floraison (y compris la conservation).
— Dommages temporaires et régénération ultérieure.
— Dommages permanents, quelquefois suivis de mort.

SEMENCES

— Stimulation de la germination.
— Inhibition ou absence totale de germination.
— Croissance médiocre des plants issus de semence germée.

La plupart des pays qui procèdent à des études sur les effets physiologiques s'attachent surtout à enregistrer les dégâts occasionnés dans telles ou telles conditions. Aux États-Unis, par exemple, un manuel sur la tolérance des végétaux au bromure de méthyle a été publié. Une étude plus positive a été entreprise en Italie, dans certains travaux récents sur le changement artificiel de l'atmosphère baignant les végétaux de manière à réduire leur sensibilité au traitement. D'autres études seront nécessaires, notamment sur les aspects biologiques. *

D. EFFETS SUR LES INSECTES

1. *Pénétration des fumigants dans le corps des insectes*

En l'état actuel des connaissances, on pense que les fumigants pénètrent dans le corps des insectes par l'appareil respiratoire principalement. Toutefois, pour atteindre un grand nombre d'œufs, les gaz doivent se diffuser à travers le chorion. Les fumigants peuvent également se diffuser par l'intégument des larves, pupes et adultes, mais d'autres indications seront nécessaires sur l'importance relative de cette voie de pénétration.

2. *Variabilité de la sensibilité des insectes*

C'est un fait bien connu que différentes espèces ou groupes d'insectes ont une sensibilité très variable aux gaz, et que pour un fumigant donné, les divers stades du développement d'une même espèce peuvent présenter de grandes différences dans leurs réactions. Les changements de climat, les variations saisonnières et les différences de nutrition (qualité de la nourriture ou degré d'inanition) peuvent également avoir des effets importants.

(*) Bestagno G. & Serini G., Disinfestazione di fiori recisi di garofani, rose e margherite in atmosfere artificiali a pressione normale. *Notiz. Malattie Piante*, 1959, 49-50 (N. S. 28-29).

dependent on temperature. They affect not only the actual gas concentration in a chamber or other enclosure under fumigation, and thence the efficacy of the operation, but also the time required to move the gas from treated commodities. They can therefore constitute a risk to workers handling such commodities and accidents have occurred when this fact was insufficiently taken into account.

2. *Residues Resulting from Chemical Reaction*

This important aspect of the subject is usually of lesser importance in treatments of living plants, etc. It is more directly concerned with materials for human consumption.

3. *Physiological Effects*

With many plant materials the physiological response to fumigation treatments may be most important. They may be summarised as follows :

NURSERY STOCK, GROWING PLANTS AND CUT FLOWERS

— Stimulation of growth or blooming.
— Retardation of growth or blooming (including preservation).
— Temporary injury and subsequent recovery.
— Permanent injury, sometimes followed by death.

SEEDS

— Stimulation of germination.
— Impairment or total loss of germination.
— Poor growth of seedlings from germinated seeds.

In most countries where investigations on physiological effects are carried out, they are largely restricted to the recording of damage under given conditions. In the United States, for instance, a *Manual of Plant Tolerances to Methyl Bromide* has been published. A more positive approach is to be found in Italy in some recent work on the artificial changing of the atmosphere surrounding the plant material so as to render it less susceptible to injury during treatment. Further study, especially of the biological aspects, will be needed. *

D. EFFECTS ON INSECTS

1. *Entry of Fumigants into Insect Body*

From present knowledge it is believed that fumigants enter the insect mainly by way of the respiratory system. However, to be effective against many eggs, gases must diffuse through the chorion. Fumigants may also diffuse through the integument of larvae, pupae and adults, but more information is needed about the relative importance of this route.

2. *Variability in Susceptibility of Insects*

It is well known that different species or groups of insects vary greatly in their susceptibility to gases and that, to a given fumigant, the different stages in the development of a single species may show great fluctuations in response. Changes in climate, seasonal variations and nutritional differences (quality of food or degree of starvation) may also have important effects.

(*) Bestagno G. & Serini G. Disinfestazione di fiori recisi di garofani, rose e margherite in atmosfere artificiali a pressione normale. *Notiz. Malattie Piante,* 1959, 49-50 (N. S. 28-29).

3. *Facteurs constitutifs du milieu*

Les facteurs composant le milieu avant, pendant et après un traitement ont une importance de tout premier plan.

a. *Température.* La température est la variable la plus importante du milieu. Certaines considérations portant sur la fumigation à basse température sont étudiées ci-dessous au point F 2.

b. *Humidité.* On observe généralement que la sensibilité des insectes aux fumigants s'accroît à mesure que l'humidité augmente. On pense que ce facteur n'est pas aussi important que la température, mais il serait bon d'avoir des indications complémentaires à ce sujet.

c. *Pression.* Les changements normaux de pression atmosphérique ne modifient pas de manière importante la sensibilité des insectes aux fumigants. Il a été signalé qu'au Mexique des doses inférieures à celles habituellement recommandées convenaient au traitement des céréales contre les insectes à partir de 2 000 m d'altitude. * Dans les fumigations sous vide, on provoque des réductions de pression considérables, et il est apparu que la réaction des insectes n'était pas nécessairement uniforme aux différentes pressions réduites utilisées dans ce genre de traitement. ** Il convient de pousser plus avant l'étude des effets biologiques de cette méthode ; les questions en suspens devront probablement faire l'objet d'études particulières pour chaque stade de chaque espèce d'insecte infestant telle ou telle denrée.

4. *Gaz adjuvants*

Certaines manipulations de la technique de fumigation consistant en adjonctions de gaz tels que l'acide carbonique ou en modifications des proportions relatives des gaz normaux de l'atmosphère ont pour objet d'accroître la sensibilité des insectes au gaz toxique lui-même. D'intéressants travaux ont été faits récemmen dans ce domaine, dont les résultats permettent d'espérer qu'ils contribueront à résoudre certains problèmes.

E. EFFETS SUR LES ORGANISMES PATHOGÈNES

Bien que des fumigants tels que l'oxyde d'éthylène soient utilisés largement aux fins de stérilisation contre les cryptogames et les bactéries, il serait nécessaire d'en savoir davantage sur leurs possibilités d'application en fumigation de « quarantaine » contre les micro-organismes. Dans ce cas, l'intégralité du traitement pourrait poser un problème épineux, car, on le sait, il suffit de quelques organismes survivants pour qu'une population se reconstitue rapidement.

F. APPLICATION DE FUMIGANTS

1. *Dosage et concentration*

La plupart des traitements par fumigation sont prescrits sur la base d'un dosage exprimé en poids pour un certain volume de l'enceinte (cellule, pièce ou espace délimité par une bâche) contenant les denrées à traiter. Quelques traitements prévoient également un facteur « chargement » pour pouvoir ajuster le dosage de base, afin de tenir compte des différences dans les quantités de denrées entrant dans l'espace traité. Le temps d'exposition est également prescrit.

Ces dernières années, quelques instruments ou techniques analytiques ont été mis en usage, qui permettent de connaître par lecture instantanée les concentrations gazeuses à un point donné du dispositif de fumigation. Il est désormais possible pour certains traitements de spécifier exactement les produits concentration × temps (CT) qui doivent être atteints au cours de tel ou tel traitement. Il serait extrêmement souhaitable de stipuler que les concentrations gazeuses utilisées dans les fumigations phytosanitaires soient continuellement analysées, de manière à être soit indiquées sur le certificat de fumigation soit véritablement mises en évidence par un graphique attaché au certificat.

(*) Barnes, D. Compte rendu 10e Cong. intern. ent. 1958, **4**, 21.

(**) Monro, H.A.U. The response of insects to methyl bromide at reduced pressures. *J. Sci. Fd. Agric.* 1959, **10** : 366-379.

3. *Environmental Factors*

Environmental factors prevailing before, during and after a treatment are of paramount importance.

a. Temperature. Temperature is the most important environmental variable. Some considerations bearing on low temperature fumigation are discussed below under F 2.

b. Humidity. It is generally observed that susceptibility of insects to fumigants increases as the humidity is raised. Although it is believed that this factor is not as important as temperature, further information is needed.

c. Pressure. Normal day-to-day changes in atmospheric pressure do not alter appreciably the susceptibility of insects to fumigants. It has been reported that in Mexico doses lower than those usually recommended are adequate to control grain insects at altitudes of 2 000 metres or over.* In vacuum fumigations there are drastic reductions in pressure and it has been shown that the response of insects is not necessarily uniform at the different reduced pressures used in this type of treatment.** There is need for more study of the biological effects of the technique ; the problems involved will probably have to be approached specifically for each stage of any particular insect species infesting a particular commodity.

4. *Adjuvant Gases*

Manipulations of the fumigation system by the addition of gases such as carbon dioxide or by alterations in the relative proportions of the normal gases of the atmosphere are made to render the insects more susceptible to the poison gas itself. Recently some interesting work has been done in this field and it shows promise of helping to solve certain problems.

E. EFFECTS ON PATHOGENIC ORGANISMS

Despite the fact that fumigants such as ethylene oxide are used widely for sterilising purposes against fungi and bacteria, there is need for more knowledge about the applicability in plant quarantine work of fumigation against micro-organisms. Here the problem of complete control might be acute, because, as is well known, a few surviving organisms might enable a population to be built up again in a short time.

F. APPLICATION OF FUMIGANTS

1. *Dosage and Concentration*

At present most fumigation treatments are prescribed on the basis of a dosage expressed as a weight for a certain volume of the structure (room, chamber or space under a fumigation sheet) containing the material to be fumigated. Some treatment schedules also contain a load factor to provide for adjustment of the basic dosage so as to take into account varying amounts of material in the space. The prescription also contains an exposure time.

In recent years some analytical instruments or techniques have been introduced which enable the taking of instantaneous readings of gas concentrations at a given point in the fumigation system. It is now possible with some treatments to specify definite concentration × time (CT) products which must be attained during a certain treatment. It would be highly desirable to stipulate that gas concentrations in quarantine fumigations be analysed continuously so that they can either be attested to in the fumigation certificate or actually demonstrated by attaching a recording chart to the certificate.

(*) Barnes, D. Proc. 10th Int. Cong. Ent. 1958, **4**, 21.

(**) Monro, H.A.U. The response of insects to methyl bromide at reduced pressures. *J. Sci. Fd. Agric.* 1959, **10** : 366-379.

2. *Variations thermiques*

Comme il est indiqué ci-dessus, la sensibilité des insectes aux fumigants est fortement influencée par la température. Les traitements réussissent parfois à des températures très inférieures à la normale, bien qu'il faille d'ordinaire employer des produits CT d'autant plus élevés que la température est plus basse. Il y a certains avantages à soumettre les végétaux à la fumigation pendant les mois frais ou froids de l'année. En effet, la végétation est alors en repos ou demi-repos, ce qui peut rendre les plantes moins sensibles aux dégâts ; en outre, les insectes, immobilisés dans ou sur leurs hôtes, ont moins de chances de s'échapper. C'est pourquoi le Canada par exemple exige l'application de certains traitements en hiver.

G. MÉTHODES D'ANALYSE CHIMIQUE

L'élaboration de méthodes exactes de détermination des concentrations gazeuses est un facteur important des travaux concernant la fumigation. Comme on l'a indiqué ci-dessus, il existe désormais des instruments précis qui donnent par lecture quasi instantanée les concentrations de bromure de méthyle et autres gaz. Toutefois pour obtenir de ces instruments un rendement efficace, il faut les faire utiliser et entretenir par des techniciens compétents connaissant tous les pièges possibles que comporte leur fonctionnement.

ANNEXE II

Les traitements par les gaz : nécessité d'uniformiser leur description et exigences auxquelles ils doivent satisfaire

Tous ceux qui procèdent aux fumigations de matériel végétal savent combien il est difficile d'interpréter les recommandations qui sont publiées et dont un grand nombre sont d'ailleurs très insuffisamment détaillées. Il serait nécessaire d'avoir des protocoles uniformes établissant les variables importantes pour chaque traitement. Il faut d'abord décider quelles sont ces variables ; certaines demanderont à être décrites surtout du point de vue qualitatif, alors que d'autres devront également être prescrites quantitativement. Dans la première catégorie entrent par exemple le matériel végétal et les ravageurs, et dans la seconde, la température, l'humidité, la concentration gazeuse et le temps d'exposition à la fumigation. Ces protocoles ne devront pas tenir compte des conditions locales telles que le type de cellule et leur degré de remplissage. Ils doivent être applicables à tous les cas.

Le traitement le plus sévère toléré par la plante et le moins sévère capable de combattre tel ennemi ou maladie devront être clairement définis dans chaque cas. La recherche d'un maximum d'uniformité dans les protocoles fera apparaître les lacunes des connaissances actuelles qui devront être comblées par l'expérimentation. Celle-ci, bien que portant sur des cas particuliers, fera avancer la connaissance du problème dans son ensemble. Le plus grand intérêt d'une décision sur l'uniformisation des protocoles sera peut-être d'augmenter la confiance dans l'efficacité des traitements, partout où ils sont pratiqués.

IMPÉRATIFS A OBSERVER DANS LA DESCRIPTION DES TRAITEMENTS GAZEUX

(Chaque cas doit être envisagé séparément de manière à décider de la pertinence des points ci-dessous)

a. *Description du matériel végétal*

1. Genre, espèce, variété, lignée.
2. Stade, par exemple plantes en cours de végétation, boutures, fleurs coupées, greffons, tubercules, bulbes, rhizomes, fruits, semences.
3. Degré d'évolution dans les limites d'un stade donné, par exemple âge des plantes en cours de végétation, développement des boutons de fleurs à l'intérieur des bulbes, maturité des tubercules.

2. *Variations in Temperature*

As mentioned above, the susceptibility of insects to fumigants is greatly influenced by temperature. They may sometimes be successfully treated at temperatures well below normal, although it is usually necessary to employ increasing CT products as the temperature is lowered. There are some advantages in fumigating plant material during the cool or cold months of the year. The plants, in a dormant or semi-dormant condition, may be less susceptible to injury and there is less danger of escape of insects, which are immobilised under these conditions in or on their hosts. For these reasons Canada, for example, requires certain treatments to be carried out in the cool season.

G. METHODS OF CHEMICAL ANALYSIS

The provision of accurate methods for the determination of gas concentrations is an important feature of fumigation work. As mentioned above, there are now available accurate instruments which give almost instantaneous readings of the concentrations of methyl bromide and other gases. However, if such instruments are to be used effectively they must be used and serviced by competent technicians who are fully aware of all possible pitfalls connected with the operation of such instruments.

APPENDIX II

The Need for Uniformity in the Description of Gas Treatments and the Requirements They Should Meet

All who fumigate plant material will know how difficult it is to interpret published recommendations and how scanty many of them are. What are needed are uniform schedules which fix the important variables for each treatment. First it must be decided what these variables are ; some will require a description which is mainly qualitative while others need also to be prescribed quantitatively. Examples of the first kind are plant material and pests, and of the second kind temperature, humidity, gas concentration and duration of fumigation. Schedules should be independent of local conditions such as the type of fumigation chambers, and the extent to which they are filled. Schedules must be applicable to all conditions.

In every case there is need to establish clearly the most severe treatment which is tolerated by the plant, and the least severe which controls the pest or disease. In seeking for the maximum of uniformity in schedules, gaps in knowledge will appear which must be filled by experimentation. Such experimentation, though itself dealing with particular cases, will advance the generalised knowledge of the problem as a whole. Perhaps the greatest benefit from an agreed uniformity of schedules will be an increased confidence in the efficacy of treatments, wherever they are made.

REQUIREMENTS TO BE FULFILLED IN THE DESCRIPTION OF GAS TREATMENTS

(Each case to be considered separately so as to decide the relevance of the points below)

a. *Description of Plant Material*

1. Genus, species, variety, strain.
2. Stage, such as growing plants, cuttings, cut flowers, root stocks, tubers, bulbs, corms, fruit, seeds.
3. Development within the stage, e.g. age of growing plants, development of flower buds within bulbs, maturity of tubers.

4. Condition, par exemple vitalité générale et absence de toute maladie sur laquelle la fumigation est sans effet, germination et teneur en eau et en huile des semences, meurtrissures et lésions dans des tissus viables tels que feuilles douces et fruits.

5. Emballage : degré de la protection contre les gaz assurée par l'emballage des racines et des tiges ou par les caisses, sacs, papier, tourbe, etc., utilisés pour le conditionnement.

b. *Description de l'ennemi ou maladie*

1. Genre, espèce, race, nom(s) commun(s).

2. Stade du développement, p. ex. pontes d'hiver des acariens, kystes des anguillules.

3. Éventualité d'une résistance exceptionnellement forte.

4. Quelques indications sur la gravité de l'infestation ou de l'infection.

c. *Conditions de traitement*

1. Nommer le fumigant par son nom chimique généralement agréé.

2. Variabilité autorisée du produit concentration × temps (CT) auquel sont traités telle plante et tel ravageur, le chiffre inférieur correspondant au traitement le plus faible capable de donner des résultats satisfaisants contre l'ennemi ou la maladie, et le chiffre supérieur au traitement le plus sévère toléré par le matériel végétal. (Il y a de nombreux avantages à employer le produit CT pour prescrire les traitements, entre autres élimination des impondérables découlant autrement de la sorption de fumigant par le matériel végétal, l'emballage, la cellule ou autre enceinte de fumigation ; déperdition de fumigant due à l'étanchéité insuffisante de la cellule ou de l'espace de fumigation ; différences dans le chargement de la cellule, le type d'emballage et le mode d'empilage.)

3. Joindre une note précisant les valeurs effectivement utilisées pour C et T et ayant donné de bons résultats.

4. Température du traitement à laquelle se réfère la prescription. Temps minimum autorisable pour obtenir cette température.

5. Humidité, intensité lumineuse au cours du traitement.

6. Rapidité de circulation de l'atmosphère gazeuse pendant le traitement, effet sur la pénétration et la tolérance du matériel végétal.

7. Conditions d'aération : vitesse de circulation de l'atmosphère ambiante, degré d'humidité et de luminosité.

8. Fumigations comportant une réduction de pression. L'attention doit porter, non seulement sur tous les points précédents, mais également sur l'enchaînement précis des opérations. Pour obtenir une éventuelle augmentation de sensibilité chez le ravageur, il importe de maintenir la pression au taux réduit optimum pour détruire l'espèce et le stade de développement du ravageur intéressé pendant la majeure partie de la fumigation. Cet impératif limite considérablement le choix des changements de pression qui pourraient être décidés en vue d'obtenir l'égalité des produits CT dans la totalité de chaque colis. Les produits végétaux ne doivent pas être emballés de manière que la pénétration soit entravée au point de nécessiter l'application d'un procédé quelconque de fumigation à pression réduite pour assurer une pénétration efficace. Le brassage rapide, avec ou sans réduction de pression, contribue de manière satisfaisante à assurer une bonne pénétration et une aération ultérieure convenable.

   Cette technique est peut-être rarement applicable aux plantes en cours de végétation en raison de leur sensibilité à la réduction de pression et au brassage intense. Toute recommandation devra donc être fondée sur une expérimentation minutieuse qui comprendra la détermination des produits CT effectifs.

4. Condition, e.g. general vigour and freedom from any disease not controllable by the fumigation, germination and content of water and oil in seeds, bruises and lesions in such viable tissue as soft leaves and fruit.

5. Packing : degree of protection from the gas provided by the wrapping around roots and stems or by boxes, sacks, paper, peat, etc. used in packaging.

b. *Description of Pest or Disease*

1. Genus, species, race, common name(s).

2. Stage, e.g. winter eggs of mites, cysts of eelworms.

3. Possibility of abnormally high resistance.

4. Some indication of the severity of infestation or infection.

c. *Conditions of Treatment*

1. Fumigant to be specified by its generally accepted chemical name.

2. Permissible range of concentration-time product (CT) at which the plant and pest are treated, the lower value specifying the mildest treatment which gives satisfactory control of the pest or disease and the higher value specifying the most severe treatment tolerated by the plant material. (There are many advantages in using CT to specify treatments, e.g. avoidance of uncertainties otherwise introduced by sorption of fumigant on plant material, on packing and on the chamber or other enclosure ; loss of fumigant through the chamber or enclosure ; differences in loading of chamber and in type of packing and stacking.)

3. A note to be included of the actual values of concentration and time which have been shown to be satisfactory.

4. Temperature of treatment to which the specification refers. Minimum permissible time for conditioning to this temperature.

5. Humidity, intensity of illumination during treatment.

6. Rapidity of circulation of the gaseous atmosphere during treatment, the effect on penetration and on the tolerance of plant material.

7. Conditions of airing : rate of circulation of the ambient atmosphere, humidity, illumination.

8. Fumigations involving reduction of pressure. Attention must be given to the precise cycle of operation in addition to all the preceding items. To secure any possible increase in the susceptibility of the pest, the pressure must be maintained at a reduced value, optimal for the control of the species and stage of the pest concerned, throughout the greater part of the fumigation. This requirement greatly restricts the choice of pressure changes which might be selected in order to secure equality of CT products throughout the package. Plant products must not be packed in such a way as to hinder penetration to such an extent that some system of fumigation under reduced pressure is required to induce effective penetration. Rapid stirring, with or without reduction of pressure, will assist adequately in obtaining satisfactory penetration and subsequent airing.

   This procedure may seldom be applicable to growing plants on account of their susceptibility to reduction of pressure and vigorous stirring. A recommendation in any particular case would have to be based on careful experimentation which would include the measurement of actual concentration-time products.

ANNEXE III

Problèmes particuliers inhérents aux caractéristiques de la chambre de fumigation

RÔLE DU MATÉRIEL D'EMBALLAGE ET DE LA TERRE

Il se révèle que plusieurs facteurs peuvent exercer une forte influence sur le processus de concentration du gaz libéré pendant la fumigation. Le résultat de la fumigation peut dépendre de ces facteurs :

1. *Étanchéité de la cellule de fumigation*

Les résultats de fumigations effectuées dans un entrepôt moderne et bien étanche ont été comparés à ceux d'un entrepôt plus ancien, en bois moins bien étanche. L'influence de facteurs externes (tels que la vitesse du vent par exemple) sur les différentes concentrations gazeuses a également été étudiée dans l'entrepôt de bois. Pour éviter les complications, ces fumigations ont été opérées dans les entrepôts vides.

Ces observations permettent de tirer les conclusions suivantes :

a. Lorsqu'un entrepôt n'a pas l'étanchéité suffisante, les fuites de gaz ne peuvent pas toujours être compensées par une augmentation de la dose.

b. Les facteurs externes (vitesse du vent) ont un effet considérable sur les concentrations gazeuses dans les entrepôts insuffisamment étanches.

Il découle de ces observations qu'il est important de prévoir des règles concernant l'étanchéité.

2. *Circulation du fumigant*

Dans un entrepôt bien étanche, l'influence de la circulation du mélange gazeux sur les concentrations du gaz libéré a été étudiée. Les tests ont été effectués dans l'entrepôt rempli de cageots contenant des jacinthes. La fumigation a toujours été effectuée avec du cyanure de calcium.

La concentration gazeuse a été déterminée simultanément à deux hauteurs différentes, soit 0,20 et 2,80 m du sol. Les chiffres obtenus montrent que du fait de la circulation, le gaz libéré a des concentrations très différentes de ce qu'elles seraient en l'absence de circulation pendant la fumigation.

L'ampleur des différences observées dans les concentrations gazeuses est fonction des déperditions qui sont accrues par la circulation et qui, indépendamment de la capacité de sorption de la cellule, peuvent être liées à la porosité plus ou moins prononcée des parois.

On peut conclure de ces observations que la circulation du mélange gazeux peut accélérer la libération du gaz. La circulation améliore enfin la pénétration et augmente la sorption, ce qui explique que mesurée après un certain temps, la concentration du gaz libéré soit inférieure à ce qu'elle serait en l'absence de circulation. Il a en outre été observé que la circulation provoquait une perte de gaz supérieure avec des parois de cellule de fumigation poreuses qu'avec des parois peintes.

Pour obtenir de bons résultats, il est important que la pénétration du gaz dans le matériel végétal à fumiger soit aussi grande que possible. En fait, l'efficacité de la fumigation dépend de la quantité de gaz pénétrant dans la marchandise. Comme la circulation stimule la pénétration, il est préférable de faire circuler le mélange gazeux pendant la fumigation. En revanche, il est nécessaire de veiller à ce qu'il ne se produise pas de déperditions par porosité des parois, fuites, etc. Il est donc nécessaire de recouvrir de peinture les murs enduits de plâtre dans les cellules où circule le mélange gazeux.

APPENDIX III

Specific Problems Related to the Properties of the Fumigation Chamber

THE INFLUENCE OF PACKING MATERIALS AND SOIL

It appears that several factors can exert a great influence on the course of the concentration of the free gas during fumigation. The result of the fumigation may be dependent on these factors :

1. *Tightness of the Fumigation Chamber*

Results of fumigations in a modern well-sealed storehouse were compared with those in an older wooden storehouse less well sealed. An investigation was also made into the influence of external factors such as strong wind on the levels of the gas concentration in the wooden storehouse. To avoid complications these fumigations were carried out when the storehouses were empty.

The following conclusions may be drawn :

a. If a storehouse does not shut sufficiently tightly, the leakage cannot in all cases be compensated by an increased dose.

b. External factors (wind velocity) have a great effect on the gas concentration in storehouses which do not shut sufficiently tightly.

From these observations it follows that it is of importance to make demands with respect to tightness.

2. *Circulation of the Fumigant*

In a well-sealed storehouse the influence of circulation of the gas mixture on the levels of the free gas concentration was investigated. The tests were carried out when the storehouse was filled with crates packed with hyacinths. In all cases fumigation was carried out with calcium cyanide.

The gas concentration was determined simultaneously at two different heights, viz. 0,20 and 2,80 metres above the floor. It was shown that as a result of circulation the concentration of free gas has quite different levels than when there is no circulation during fumigation.

The extent of the differences found in the levels of the gas concentration depends on losses which are increased by circulation and which, apart from the capacity of sorption of the chamber, may be related to the fact that the walls are more or less porous.

From these observations it may be concluded that circulation of the gas mixture can cause a quicker liberation of the gas. Circulation ultimately brings about a higher penetration and sorption as a result of which the measured concentration of the free gas is lower after some time than when there is no circulation. Furthermore it was found that circulation causes a greater loss of gas when the walls of the fumigation room are porous than when they are coated with paint.

To obtain a good control it is important for the gas penetration of the plant material to be as high as possible. In fact the efficacy of the fumigation depends on the quantity of gas penetrating. As circulation stimulates penetration it is advisable to circulate the gas mixture during fumigation. On the other hand it is necessary to take care that no losses occur through porous walls, leakage, etc. Coating plastered walls with paint is therefore necessary in rooms where the gas mixture is circulated.

3. *Sorption par les denrées ou les emballages*

La sorption des gaz est l'un des aspects les plus importants du processus de fumigation. Dans de nombreux cas, on soumet à la fumigation du matériel végétal en cageots, ou emballé dans de la paille, des joncs, de la terre ou de la poussière de tourbe. Deux séries d'expériences ont été effectuées en cellule de manière à déterminer l'influence de ces emballages sur la concentration des fumigants HCN et bromure de méthyle à l'état gazeux.

Acide cyanhydrique. Les expériences prouvent que la concentration gazeuse est fortement influencée par la présence de paille, de bois, de terre et de poussière de tourbe humide, ces produits étant souvent présents dans la cellule pendant la fumigation du matériel végétal. La paille notamment, utilisée en hiver comme matériel d'emballage, sorbe une grande quantité de HCN, causant ainsi une importante réduction de la concentration du gaz. La poussière de tourbe a une capacité importante de sorption, alors que la terre n'a qu'une capacité moyenne. Le sable sec ne sorbe pratiquement pas de HCN. La présence de poussière de tourbe humide ainsi que de terre, laquelle contient en règle générale plus d'eau que la terre utilisée dans l'expérience, peut avoir également un effet considérable sur les taux de concentration.

Bromure de méthyle. Les expériences démontrent que la concentration de gaz libre est fortement influencée par la capacité de sorption des différents produits. Cette influence est plus faible avec le bromure de méthyle qu'avec l'acide cyanhydrique.

Conclusions

Les taux de concentration du fumigant à l'état gazeux dépendent des facteurs suivants :

a. Sorption par les plantes et le matériel d'emballage (selon les quantités à traiter).

b. Sorption par les parois et tous dispositifs d'étagement présents dans la cellule de fumigation.

Il est en conséquence impossible de donner des prescriptions générales de dosage sans tenir compte de ces facteurs.

Les expériences montrent que la sorption a parfois un effet si défavorable qu'elle compromet l'efficacité du traitement.

Les expériences effectuées notamment dans des magasins à bulbes ont montré que la construction et la peinture des parois pouvaient avoir une influence considérable sur les taux de concentration gazeuse.

Ces exemples prouvent que se borner à déterminer la dose initiale est insuffisant et risque d'induire totalement en erreur.

Il est en conséquence proposé de ne pas se contenter de prescrire des doses de base pour l'acide cyanhydrique et le bromure de méthyle, mais d'utiliser une caractéristique de dosage tenant compte du processus de concentration du gaz libre, comme par exemple le produit CT (produit de la concentration du gaz libre $\times$ temps).

En outre, il est de toute évidence important, surtout à l'échelon international, de rechercher la plus grande uniformité possible pour les cellules de fumigation. Ce but peut être partiellement atteint en recommandant que les parois des cellules où se pratique la fumigation de quarantaine soient recouvertes de peinture à l'huile. Enfin, une tolérance maximum doit être fixée pour les déperditions de fumigant.

3. *Sorption by Commodity or Packing Material*

Sorption of gases is one of the most important aspects of the fumigation process. In many cases plant material is fumigated while it is packed in crates, straw, reed or in earth or peat dust. Two series of experiments were carried out in a chamber in order to investigate the influence of these materials on the concentration of the fumigants HCN and methyl bromide in the gas phase.

Hydrocyanic acid. The experiments show that the concentration of free gas is strongly influenced by the presence of straw, timber, soil and damp peat dust, these materials often being present in the chamber during fumigation of plant material. Straw in particular, which during Winter is used as a packing material, sorbs much HCN and thus causes a great reduction of the free gas concentration. Peat dust shows considerable sorption, while soil shows moderate sorption. Dry sand sorbs practically no HCN. The presence of damp peat dust as well as soil, which on the whole contains more water than the soil used in the experiment, may also have a great effect on the levels of the concentration.

Methyl bromide. The experiments show that the concentration of free gas is strongly influenced by the sorption by different materials. This influence is smaller with methyl bromide than with hydrocyanic acid.

Conclusions

The levels of the concentration of the fumigant in the gas phase depend on the following factors :

a. Sorption by the plants and packing material (dependent on the quantities fumigated) ;

b. Sorption by the walls and any scaffoldings in the fumigation chamber.

Consequently it is impossible to give a general prescription for the dose without taking these factors into account.

The experiments show that it is possible for sorption to have such an unfavourable influence that insufficient control results.

The experiments in bulb storehouses in particular showed how great an influence the construction and the coating of the walls can have on the levels of the gas concentration.

These examples show that merely to specify the initial dose is insufficient and may lead to entirely wrong results.

It is proposed therefore not merely to prescribe initial doses for hydrocyanic acid and for methyl bromide, but to make use of a dosage characteristic in which the course of the concentration of free gas finds expression. Such a characteristic is the CT product (product of the concentration of free gas and time).

Furthermore it is undoubtedly important, especially on an international scale, to aim at the greatest possible uniformity of fumigation chambers. This could be partly obtained by recommending that walls of rooms in which quarantine fumigations are carried out should be coated with oil paint. In addition, the rooms should be permitted a certain maximum leakage only.

ANNEXE IV

Matériel employé pour la fumigation avec différents fumigants tant en cellule que sous bâche étanche

CONDITIONS MINIMA POUR BÂCHES ET CELLULES

Le matériel peut se décomposer comme suit :

I. Enceintes, par exemple cellules, allèges, entrepôts et bâches.
II. Ventilateurs et pompes à vide.
III. Dispositifs pour l'application de fumigant, tels que systèmes de dosage et vaporisateurs.
IV. Dispositif pour la détermination des concentrations gazeuses.

I. A. *Cellules*

1. Les cellules sont des enceintes spécialement construites pour la fumigation à la pression ordinaire ou réduite et équipées à cet effet. C'est le métal, généralement l'acier, qui convient le mieux à la construction de toutes cellules, et pour les cellules à fumigation sous vide, l'acier est pratiquement d'un emploi général. Une cellule de métal inerte présente l'avantage d'être d'emblée étanche aux gaz et pratiquement non absorbante.

2. L'étanchéité aux gaz dépend en majeure partie du joint situé entre la porte et la cellule. Celui-ci est d'ordinaire en caoutchouc déployé de type imperméable ou en néoprène, contre lequel la porte est maintenue par des verrous en T et des écrous ailés, ou quelque autre dispositif mécanique. La porte peut également être maintenue en position près de la cellule, et non contre elle, et munie dans ce cas d'un joint constitué par un tube pneumatique qui s'applique hermétiquement contre la porte et la cellule au moment du gonflage. Une fermeture hydraulique ou à un autre liquide que l'eau a également été employée à la place du joint.

3. Les cellules de fumigation sous vide sont beaucoup plus résistantes et plus coûteuses que celles qui servent à la fumigation à la pression atmosphérique. Elles sont parfois rectangulaires mais plus souvent rondes. Une cellule de fumigation sous vide doit être munie d'une pompe pour l'évacuation de l'air et d'un indicateur de pression. Les deux types de cellule sont habituellement pourvus de ventilateurs pour activer la circulation interne du mélange air/gaz et pour assurer l'aération.

4. On utilise également pour la construction de cellules d'autres matériaux que l'acier. On peut mouler de petites cellules, très légères et de coût moins élevé que les cellules métalliques, en verre laminé composé de résines synthétiques. Un grand nombre de cellules de plus grande capacité sont construites en béton dense ou en briques de qualité supérieure, généralement enduit de ciment et de sable et recouvert de trois couches au moins de bonne peinture laquée ou de peintures spéciales à base de caoutchouc chloré. Lorsqu'une protection exceptionnelle est nécessaire, comme par exemple dans le cas de cellules d'acier travaillant avec la chloropicrine, les peintures à base de résines synthétiques sont particulièrement recommandées, de même que les revêtements du commerce comparables à l'émail vitrifié.

5. Les cellules de fort cubage, en particulier celles qui sont construites en briques et en béton, sont souvent munies de grandes portes. Il est généralement préférable d'utiliser une porte métallique coulissante convenablement renforcée de manière à éviter les déformations à la fermeture. La meilleure protection du joint, qu'il soit pneumatique ou en caoutchouc déployé, consiste à l'encastrer dans une rainure pratiquée dans la porte.

B. *Allèges*

Dans certains ports, les marchandises sont habituellement transbordées sur allèges d'acier. Si celles-ci sont en bonne condition, pourvues de panneaux, et convenablement étanchées par au moins deux épaisseurs de bâches imperméables aux gaz, faites habituellement de toile fortement imprégnée d'huile de lin, elles constituent des enceintes satisfaisantes pour la fumigation de marchandises telles que les tubercules ou les semences emballés.

C. *Entrepôts*

On constate parfois qu'un compartiment d'entrepôt contenant du matériel végétal en sacs — tubercules et semences par exemple — peut être facilement rendu étanche aux gaz. Si la disposition des marchandises est telle qu'elles ne puissent être correctement recouvertes de bâches étanches, le compartiment peut être utilisé provisoirement comme cellule de fumigation.

APPENDIX IV

Equipment Employed for Fumigation with Different Fumigants, both in Chambers and under Gasproof Sheets

MINIMUM REQUIREMENTS FOR SHEETS AND CHAMBERS

The equipment can be divided into the following items :

I. Enclosures, such as chambers, barges, warehouses and sheets ;
II. Fans and vacuum pumps ;
III. Apparatus for application of fumigant such as dosing devices and vaporisers ;
IV. Apparatus for the determination of gas concentrations.

I. A. *Chambers*

1. These are especially constructed enclosures adapted for operation at ordinary pressure or reduced pressure and suitably equipped. The best material for any chamber is metal, generally steel, and, for vacuum chambers, the use of steel is practically universal. The advantage of an inert metal chamber is that it is readily made gastight and is practically non-absorptive.

2. The gas-tightness depends mainly on the joint between the door and the chamber. The gasket is usually made of an impervious grade of expanded rubber or neoprene, against which the door is tightened by Tee bolts and wing nuts, or by some other mechanical device. Alternatively, the door may be held in position close to the chamber, but not pressed against it and the joint made by inflating a pneumatic tube which then becomes pressed tightly against door and chamber. A seal of water or other liquid has also been used instead of a gasket.

3. Vacuum chambers are much stronger and more costly than chambers for use at atmospheric pressure. They may be rectangular in section but are more often circular. A vacuum chamber must be provided with a pump to extract the air and with a pressure gauge. In both types of chamber fans are usually installed for internal circulation of the air-gas mixture and means for airing.

4. Other materials than steel are also used in the construction of chambers. Small chambers, which are very light and cheaper than those made of metal, may be moulded in epoxy resin fibre-glass laminate. Many larger chambers are built of dense concrete or high quality brickwork, generally rendered in cement and sand and painted with three or more coats of good gloss paint or special paints containing chlorinated rubber. Where exceptionally good protection is needed as in the case of steel chambers for fumigations with chloropicrin, epoxy resin paints are particularly suitable, as are proprietary coatings similar to vitreous enamel.

5. Larger chambers, especially those built of brick and concrete, are often provided with large doors. It is generally best to use a sliding metal door appropriately strengthened to avoid distortions when being closed. The gasket, whether pneumatic or of expanded rubber, is best protected by being carried in a channel formed in the door.

B. *Barges*

In certain ports goods are commonly transhipped in steel barges. If these are in good condition, fitted with hatch covers and well sealed with 2 or more layers of gasproof sheets, usually canvas heavily treated with linseed oil, they make satisfactory chambers for goods such as packaged tubers or seeds.

C. *Warehouses*

Occasionally bagged plant material, such as tubers and seeds, will be found to be stacked in a room of a warehouse which can readily be made gastight. If the goods are stacked so that they cannot be properly covered with gasproof sheets the room may be used as a temporary fumigation chamber.

D. *Bâches*

Toutes denrées en caisses, sacs ou paquets pouvant être entassées symétriquement sur un plancher lisse et imperméable tel que le béton peuvent être soumises commodément et économiquement à la fumigation ; à cette fin, on recouvre les tas de bâches imperméables aux gaz maintenues au sol par des cylindres de toile lourde remplis de sable. Avec les fumigants qui ne sont pas très solubles dans l'eau, la terre compacte peut servir de plancher ; dans ce cas on peut réaliser la jointure en enterrant l'extrémité inférieure de la bâche. Les bâches doivent se draper correctement ; elles se composent d'ordinaire de plusieurs couches de caoutchouc butylique, néoprène ou chlorure de polyvinyle sur support de tergal ou nylon. Les bâches de toile caoutchoutée sont également satisfaisantes mais sont plus lourdes et plus difficiles à manipuler. Un espace libre doit être ménagé au-dessus des denrées, en maintenant la bâche par des caisses, des étais ou même de la paille.

Une autre méthode permettant d'utiliser des bâches, applicable aux herbages, à la stérilisation superficielle du sol, etc., est de recouvrir la surface à traiter avec une bâche dont on enterre les extrémités et d'insuffler de l'air avec un compresseur afin de réaliser une enceinte provisoire pour le gaz.

La fumigation sous bâche nécessite un équipement mobile pour l'application du fumigant. La plupart des dispositifs de dosage, vaporisateurs, etc. ainsi que les appareils indicateurs des concentrations gazeuses sont transportables sans difficulté. Les cellules elles-mêmes peuvent être déplacées avec cet équipement et peuvent se révéler utiles pour soumettre à la fumigation de petites quantités de matériel végétal.

II. A. *Ventilateurs*

1. Les ventilateurs pour cellules varient selon le volume et le type de cellule, la vitesse désirée de circulation et la nature du gaz employé.

On peut utiliser des ventilateurs à débit axial pour les cellules petites, moyennes et grandes, mais ceux-ci se prêtent plutôt moins bien que les ventilateurs centrifuges à être incorporés aux systèmes circulatoires. Si la cellule doit être utilisée uniquement avec des gaz non corrosifs et non inflammables comme le bromure de méthyle, il est moins coûteux de placer le ventilateur et le moteur à l'intérieur de la cellule, ce qui permet d'éviter les frais d'installation et d'entretien de joints étanches aux gaz autour des arbres de transmission.

2. Dans les cellules de petite et moyenne capacité, les tampons obturateurs de bonne qualité conviennent bien et peuvent être réalisés avec un certain nombre de percements et de connections. Dans les cellules plus vastes, les soupapes à diaphragme sont préférables et lorsqu'on veut fermer un réseau de canalisations vraiment important, le type d'obturateur le plus économique est peut-être celui qui se compose de plaques façonnées coulissant dans des glissières (registres).

3. L'aération et la circulation peuvent être assurées par un seul ventilateur et un système adéquat de vannes et de conduits. Dans certains cas, il est préférable et moins onéreux de munir la cellule de deux ventilateurs. Il faut alors moins de vannes et le ventilateur le plus important peut être placé compte tenu de la rapidité d'aération ou de circulation désirée.

B. *Pompes à vide*

Les pompes doivent être de dimension et de type propres à faire descendre la pression dans une cellule donnée à 1 cm de mercure, dans un laps de temps court par rapport à la durée de la fumigation. Comme les cellules contiennent toujours des denrées humides à 1 cm au moins de pression de vapeur d'eau à la température ordinaire, les pompes capables de produire une pression finale beaucoup plus basse, n'offrent aucun avantage. Il importe que la cadence de pompage soit bien maintenue à la pression désirée. Les pompes doivent être protégées de la vapeur d'eau, et si elles sont appelées à être utilisées pendant l'aération de la cellule, du fumigant, par d'importants dispositifs. Les obturateurs et les canalisations doivent être conformes aux exigences pratiques des opérations effectuées aux pressions de cet ordre, les joints bien vissés étant acceptables à condition d'être en cire noire.

III. A. *Dispositifs de dosage*

1. Une méthode universelle convenant à la plupart des fumigants et des cellules de 100 litres à 100 m^3 ou plus, consiste à faire passer la quantité désirée de fumigant liquide de la bouteille, laquelle peut être comprimée par une pompe ou un compresseur, dans un tube gradué de verre épais. On fait passer le liquide de ce tube dans un vaporisateur. Cette méthode est pratique et précise.

2. Pour les grandes cellules, une bonne méthode consiste à comprimer la bouteille de fumigant et à la peser. On laisse ensuite le fumigant liquide s'écouler de la bouteille à la vitesse désirée ; on ferme la vanne de contrôle lorsque le poids requis de fumigant a été libéré. Le volume du cylindre, la capacité et la sensibilité de la bascule doivent être choisis avec soin en vue d'obtenir une précision suffisante dans le dosage.

D. *Sheets*

Any material in boxes, bags or bundles which can be stacked symmetrically on a smooth impervious floor such as concrete, can be fumigated conveniently and economically by covering the piles with gasproof sheets held down to the floor by heavy canvas tubes filled with sand. With fumigants which are not very soluble in water, compact earth will serve as the floor, in which case the joint with it can be made by burying the bottom edge of the sheet in the ground. The sheets must drape well and are usually made of layers of butyl rubber, neoprene or polyvinyl chloride supported on terylene or nylon cloth. Rubberised canvas sheets are also satisfactory, but are heavier and more awkward to handle. A free space must be left above the commodity by supporting the sheet with crates, a framework, or even straw.

Another method of using sheets applicable to grassland, surface sterilisation of soil, etc., is to cover the area to be treated with a sheet buried at the edges and to inflate it with a compressor so as to make a temporary enclosure for the gas.

Fumigation under sheets necessitates mobility in equipment for applying the fumigant. Most forms of dosage devices, vaporisers, etc. as well as apparatus for determining gas concentrations are readily transportable. Chambers too can be carried with such equipment and may be found useful for fumigating small quantities of plant material.

II. A. *Fans*

1. Fans for chambers vary according to the size and design of the chamber, the velocity of air movement required, and the nature of the gas.

Axial flow fans may be used for small, medium and large chambers but lend themselves somewhat less well than centrifugal fans to inclusion in circulatory systems. If the chamber is to be used only with non-corrosive, non-inflammable gases, such as methyl bromide, it is cheapest to instal the fan and motor inside the chamber, and thus avoid the cost of installing and maintaining gastight seals around the shafts.

2. In small and medium chambers good quality plug valves are satisfactory and can be made with a variety of borings and connections. In larger chambers diaphragm valves are preferable and where really large ducting is to be closed off, machined plates sliding in grooves may be the most economical form of valve.

3. Airing and circulation may be brought about by a single fan with a suitable arrangement of valves and ducts. In some circumstances it is better and cheaper to provide two fans. Fewer valves are needed and one or other fan may be the larger, the choice depending on the necessity for rapidity in airing or in circulation.

B. *Vacuum Pumps*

Pumps should be of a size and type to reduce the pressure in the particular chamber to 1 cm of mercury, within a period of time short in comparison with the duration of fumigation. Since the chamber will always contain damp material with a water vapour pressure of 1 cm or more at ordinary temperature, pumps capable of producing much lower ultimate pressure offer no advantage. It is important that the speed of pumping should be well maintained down to the pressure required. Pumps should be protected by large traps from water vapour and, if they are to be used in the course of airing the chamber, from fumigant. Valves and piping should conform to the ordinary practice in work at pressures of this order, good screwed joints being acceptable if made with black wax.

III. A. *Dosage Devices*

1. A general method suitable for most fumigants and chambers from 100 litres to 100 m^3 or more, is to pass the required volume of liquid fumigant from the storage cylinder, which may be pressurised by a pump or compressor, into a calibrated tube of strong glass. From this tube the liquid is passed through a vaporiser. This is a convenient and accurate way of measuring.

2. A method suitable for large chambers is to pressurise the cylinder of fumigant and weigh it. The liquid fumigant is then allowed to leave the cylinder at the desired rate and the controlling valve is closed when the required weight of fumigant has been delivered. The size of cylinder and capacity and sensitivity of the balance must be suitably selected to ensure sufficient accuracy in dosing.

3. Certains fumigants, par exemple le bromure de méthyle, se présentent parfois en ampoules de verre. Pour ouvrir ces ampoules, on monte un ou plusieurs brisoirs spéciaux sur une canalisation reliée à la cellule, et pendant que l'on chasse l'air de la cellule dans la canalisation, l'ampoule est rompue par une vis faisant pression sur elle. Selon l'emplacement exact du brisoir, il peut ou non être nécessaire de prévenir les dangers éventuels que présenterait un écoulement de fumigant liquide dans la cellule.

B. *Vaporiseur*

On peut souvent appliquer le bromure de méthyle en pulvérisation dans les denrées stockées mais le fumigant liquide risque d'endommager des denrées viables. Il est préférable d'éviter tout risque de contact avec le fumigant liquide en faisant passer ce dernier dans un vaporiseur. Un bon type simple de vaporiseur est celui qui se compose d'un serpentin, généralement en cuivre, de 1,25 cm de diamètre et de 3 à 4,50 m de long. On immerge ce serpentin dans un bain d'eau chauffé électriquement par un thermoplongeur contrôlé à la main ou par thermostat. D'autres types de vaporiseurs peuvent être utilisés, par exemple ceux où le fumigant est chauffé directement par un serpentin de vapeur. Pour les fumigations sous bâches, l'eau peut être chauffée, à défaut de dispositif électrique, par un brûleur à gaz liquide ou par un radiateur portatif à paraffine

C. *Dispositif pour la diffusion du fumigant*

Les ventilateurs de circulation, les canalisations, etc., installées dans les cellules doivent diffuser convenablement le fumigant gazeux et éviter la formation de poches de forte ou faible concentration risquant d'occasionner des dégâts par phytotoxicité ou de laisser une partie des ravageurs vivants.

On assure facilement un bon brassage pour la fumigation des entrepôts en ayant recours à des « pankas » actionnés à la main pendant la vaporisation par des fils passant par des trous pratiqués dans les châssis des portes et des fenêtres.

Pour la fumigation sous bâches étanches aux gaz ou en allèges d'acier, on obtient une répartition satisfaisante de fumigants tels que le bromure de méthyle en faisant simplement passer le gaz par une rampe perforée placée sur le tas de marchandises, et sur toute sa longueur. Cette pile doit être régulière, compacte, à flancs rectilignes. Un certain espace doit être ménagé pour permettre au gaz issu des perforations de se mélanger à l'air. Ailleurs la bâche doit adhérer à la pile. Le mélange air/gaz descend dans la pile à une cadence décroissante à mesure qu'il est de plus en plus dilué dans l'air.

IV. *Dispositif pour la détermination des concentrations gazeuses*

1. L'efficacité d'une fumigation dépend de l'obtention, à tous les points importants, d'un produit CT situé entre deux indices, le plus élevé étant le maximum toléré par le matériel végétal et le plus bas le minimum assurant un contrôle phytosanitaire satisfaisant.

Pour contrôler l'efficacité d'une fumigation et pour garantir l'immunité du matériel végétal, il importe de déterminer la concentration gazeuse en un nombre de points suffisant. Il est toujours recommandé de procéder à quelques évaluations de contrôle, même dans de bonnes cellules ; en effet ces contrôles sont désormais très faciles, et on assiste toujours à une certaine variation de la valeur initiale basée sur les pertes de dosage résultant de la sorption du fumigant et des obstacles mécaniques s'opposant à la pénétration, c'est-à-dire compacité de l'emballage et entassement des marchandises. Ces variations sont naturellement particulièrement sensibles avec les fumigants immédiatement sorbés, tels que l'acide cyanhydrique et des substances très sorbantes telles que la tourbe utilisée aux fins d'emballage.

En ce qui concerne la fumigation sous bâche et en entrepôts, la valeur de la concentration à différents points est moins exactement prévisible et il est essentiel de déterminer les concentrations gazeuses de manière à régler la durée du traitement de telle sorte que la destruction du ravageur soit assurée sans dommages pour le matériel végétal.

2. On dispose maintenant d'un instrument très commode — le compteur de conductivité thermique — pour déterminer les concentrations gazeuses. On peut l'étalonner pour l'utiliser avec de nombreux fumigants sous réserve qu'il soit fabriqué avec les matériaux appropriés. Un pont de Wheatstone contient 2 filaments qui permettent le passage de l'air. Ces filaments sont incorporés dans un bloc métallique qui maintient un milieu thermique stable. Pour déterminer la concentration gazeuse, on équilibre le pont et l'air entourant l'un des filaments est ensuite remplacé par un mélange air/gaz, dont la conductivité thermique est différente, ce qui modifie la température, et par voie de conséquence, la résistance du fil. Le courant résultant de la rupture d'équilibre, enregistré sur microampèremètre, correspond à une concentration gazeuse donnée qu'on détermine au moyen d'une courbe d'étalonnage. La vapeur d'eau et l'acide carbonique qui influent ur cette courbe peuvent être éliminés séparément ou simultanément au moyen de filtres appropriés.

3. For some fumigants, e.g. methyl bromide, glass ampoules are available. In order to use these ampoules, one or more special breakers are mounted in a duct connected with the chamber and, whilst the air of the chamber is being circulated through the duct, the ampoule is broken by the pressure of a screw. Depending on the exact positioning of the ampoule breaker, it may or may not be necessary to avoid any danger of liquid fumigant being carried into the chamber.

B. *Vaporiser*

In stored products it is often feasible to apply methyl bromide by spraying, but the liquid fumigant is apt to damage viable material. It is best to avoid any risk of wetting by liquid fumigant by passing it through a vaporiser. A simple and satisfactory type of vaporiser consists of a coil of pipe, generally of copper 1/2 inch (1,25 cm) in diameter and 10-15 feet (3-4,5 m) long. This coil is immersed in a water bath heated electrically by an immersion heater controlled manually or by a thermostat. Other types of vaporiser may be used, e.g. those in which the fumigant is heated directly by a steam coil. For fumigations under sheets, if an electric supply is not available, the water can be heated by a liquid gas burner or by a portable paraffin heater.

C. *Apparatus for Distribution of Fumigant*

The circulating fans, ducting etc. installed in chambers should distribute the gaseous fumigant satisfactorily and avoid the formation of pockets of high or low concentration which may lead to phytotoxic damage or failure to kill all the pests.

When fumigating in warehouses adequate stirring is conveniently provided by « punkahs » operated manually by wires passing through holes in door and window frames during vaporisation.

When fumigating under gasproof sheets or in steel barges, satisfactory distribution of fumigants such as methyl bromide can be obtained simply by leading the gas through a perforated pipe placed on top of the pile of goods and running along its length. The pile should be regular and compact and with straight sides. Some space must be provided in which the gas issuing from the perforations can mix with air. The sheet should otherwise be draped closely to the pile. The mixed air plus gas descends through the pile at a decreasing rate as it becomes further diluted with air.

IV. *Apparatus for Determination of Gas Concentrations*

1. The success of a fumigation depends on the CT product at all important points lying between two values, the upper value being the largest tolerated by the plant material and the lower being the smallest giving satisfactory pest control.

In order to check the efficacy of a fumigation, and to ensure that the plant material is not damaged, the concentration at a sufficient number of points should be determined. It is always advisable to make a few check determinations even when good chambers are used, because such checks are now very easily made and there is always some variation from the nominal value, based on dosage losses arising from sorption of the fumigant and mechanical hindrance to penetration associated with tightness of packing and stacking of the plant material. Such variation is of course most marked with readily sorbed fumigants, such as hydrogen cyanide and highly sorptive materials such as peat, used in packing.

In fumigation under sheets and in warehouses the value of the concentration at different points is less certainly predictable and it is essential to determine gas concentrations so as to regulate the duration of the treatment in such a way as to secure control of the pest without damaging the plant material.

2. A very convenient instrument — the thermal conductivity meter — for the determination of gas concentrations is now available. It can be calibrated for use with many fumigants provided it is made of suitable materials. A Wheatstone bridge incorporates two filaments past which air can be led. The filaments are mounted in a metallic block which maintains a stable thermal environment. To determine a gas concentration, the bridge is balanced and the air around one filament is then replaced by air plus gas, which has a different heat conductivity and thus changes the temperature and therefore the resistance of the wire. The resultant out of balance current registered on a microammeter corresponds to a particular gas concentration which can be read from a calibration curve. Water vapour and carbon dioxide which affect the reading can be removed separately or together by suitable filters.

HEMMERLÉ, PETIT & Cie
2, 4 et 4 *bis*, rue de Damiette
PARIS-2e
1410-10-61

Publications de l'OEPP

RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL ET CONFÉRENCES TECHNIQUES

Mesures de contrôle phytosanitaire. 1951. 16 p.
Séances techniques (1re réunion du Conseil). 1951. 44 p.
Ennemis non encore introduits en Europe. 1951. 12 p.
Ennemis récemment introduits en Europe. 1952. 20 p.
Ennemis des agrumes et des autres cultures méditerranéennes. 1952. 24 p.
Écaille fileuse (Hyphantria cunea) :
- *1re Conf. intern. (Vienne).* 1952. 12 p.
- *2e Conf. intern. (Vienne).* 1952. 24 p.
- *3e Conf. intern. (Vienne).* 1954. 20 p.
- *4e Conf. intern. (Belgrade).* 1957. 36 p.

Conservation des denrées alimentaires en magasin :
- *1er Rapport (Bruxelles).* 1953. 44 p. *
- *2e Rapport (Springforbi).* 1958. 40 p.

Anguillule des racines. 1955. 20 p.
Pou de San José. 1955. 20 p.
Tristeza et xyloporose. 1956. 28 p.
Mouche méditerranéenne des fruits :
- *1re Conf. intern. (Alger).* 1954. 28 p.
- *2e Conf. intern. (Bonn).* 1957. 68 p.

Laspeyresia molesta, etc. 1958. 16 p.
Lutte contre le rat musqué :
- *3e Conf. intern. (Munich).* 1953. 16 p.
- *4e Conf. intern. (Gembloux).* 1955. 20 p.
- *5e Conf. intern. (Luxembourg).* 1957. 16 p.

Maladies transmises par les semences :
- *1er Gr. de travail (cultures tempérées).* 1954. 32 p.
- *2e Gr. de travail (cultures tropicales).* 1959. 20 p.

Réglementation phytosanitaire :
- *1er Rapport (Paris).* 1955. 48 p.
- *2e Rapp. (Rome-Wageningen).* 1957. 28 p.
- *3e Rapport (Bad Godesberg).* 1959. 24 p.

Mammifères nuisibles. 1959. 76 p.
Rôle des pesticides. 1959. 20 p.
Nouvelles races de Synchytrium endobioticum. 1960. 16 p.
Viroses des citrus. 1960. 104 p.
Analyse des résidus de pesticides. 1961. 24 p.
Maladies bactériennes de la pomme de terre. 1961. 76 p.
Normes de fumigation. 1961. 40 p.

RAPPORTS SUR LA SITUATION EN EUROPE

Doryphore (Leptinotarsa decemlineata) : *1949,'50,'51,*'52, '53, '54, '55, '56, '57, '58, '59, '60.*
Anguillule des racines de la pomme de terre (Heterodera rostochiensis) : *1953, '54, '55, '56, '57, '58, '59, '60.*
Rongeurs parasites des cultures : 1953-1954.
Pou de San José (Quadraspidiotus perniciosus) : *1953, '54, '55, '56, '57, '58, '59, '60.*
Maladie verruqueuse de la pomme de terre (Synchytrium endobioticum) : *1953, '54, '55, '56, '57, '58, '59, '60.*
Ennemis et maladies des denrées stockées : 1953-54, 1955-57.

VIE DE L'ORGANISATION

Convention du 18 avril 1951 pour l'établissement de l'OEPP. 1955 (2e éd.). 24 p.
Rapports annuels : 1951, 1952, 1953-54, 1954-55, 1955-56, 1956-57, 1957-58, 1958-59, 1959-60, 1960-61.

*** Publié en deux éditions distinctes, française et anglaise. Toutes les autres publications citées sont bilingues.**

EPPO Publications

REPORTS OF TECHNICAL WORKING PARTIES AND CONFERENCES

Quarantine restrictions. 1951. 16 p.
Technical discussions at 1st Council meeting. 1951. 44 p.
Pests and diseases which might be introduced into Europe. 1951. 12 p.
Pests and diseases recently introduced into Europe. 1952. 20 p.
Pests and diseases of citrus and other Mediterranean crops. 1952. 24 p.
Fall webworm (Hyphantria cunea) :
- *1st Intern. Conf. (Vienna).* 1952. 12 p.
- *2nd Intern. Conf. (Vienna).* 1952. 24 p.
- *3rd Intern. Conf. (Vienna).* 1954. 20 p.
- *4th Intern. Conf. (Belgrade).* 1957. 36 p.

Protection of foodstuffs in store :
- *1st Report (Brussels).* 1953. 44 p. *
- *2nd Report (Springforbi).* 1958. 40 p.

Potato root eelworm. 1955. 20 p.
San José scale. 1955. 20 p.
Tristeza and xyloporosis. 1956. 28 p.
Mediterranean fruit fly :
- *1st Intern. Conf. (Algiers).* 1954. 28 p.
- *2nd Intern. Conf. (Bonn).* 1957. 68 p.

Oriental fruit moth, etc. 1958. 16 p.
Muskrat control :
- *3rd Intern. Conf. (Munich).* 1953. 16 p.
- *4th Intern. Conf. (Gembloux).* 1955. 20 p.
- *5th Intern. Conf. (Luxembourg).* 1957. 16 p.

Seed-borne diseases :
- *1st Working Party (temperate crops).* 1954. 32 p.
- *2nd Working Party (sub-tropical crops).* 1959. 20 p.

Phytosanitary regulations :
- *1st Report (Paris).* 1955. 48 p.
- *2nd Rep. (Rome-Wageningen).* 1957. 28 p.
- *3rd Report (Bad Godesberg).* 1959. 24 p.

Harmful mammals. 1959. 76 p.
Crop production pesticides. 1959. 20 p.
Potato wart disease races. 1960. 16 p.
Virus diseases of citrus. 1960. 104 p.
Pesticide residue analysis. 1961. 24 p.
Bacterial diseases of potatoes 1961. 76 p.
Fumigation standards. 1961. 40 p.

SURVEYS OF THE POSITION IN EUROPE

Colorado beetle (Leptinotarsa decemlineata) : *1949, '50, '51,*'52, '53, '54, '55, '56, '57, '58, '59, '60.*
Potato root eelworm (Heterodera rostochiensis) : *1953, '54, '55, '56, '57, '58, '59, '60.*
Field rodents : 1953-1954.
San José scale (Quadraspidiotus perniciosus) : *1953, '54, '55, '56, '57, '58, '59, '60.*
Potato wart disease (Synchytrium endobioticum) : *1953, '54, '55, '56, '57, '58, '59, '60.*
Pests and diseases of foodstuffs in store : 1953-54, 1955-57.

ORGANISATION

Convention of April 18, 1951 for the establishment of EPPO. 1955 (2nd ed.). 24 p.
Annual Reports : 1951, 1952, 1953-54, 1954-55, 1955-56, 1956-57, 1957-58, 1958-59, 1959-60, 1960-61.

*** Published in separate English and French editions. All other publications listed are in both languages.**